This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

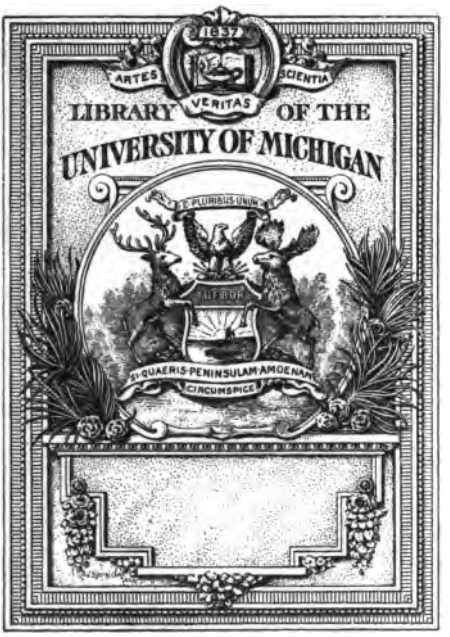
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

A 3 9015 00385 929 8
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

5
A67
A54

28365

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE, PHYSIOLOGIE

UND

WISSENSCHAFTLICHE MEDICIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. CARL BOGISLAUS REICHERT,

PROFESSOR DER ANATOMIE UND VERGLEICHENDEN ANATOMIE, DIRECTOR DES KÖNIGLICHEN ANATOMISCHEN MUSEUMS UND ANATOMISCHEN THEATERS, MITGLIED DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE, DIRECTOR DES KÖNIGLICHEN PHYSIOLOGISCHEN LABORATORIUMS, MITGLIED DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

FORTSETZUNG VON REIL'S, REIL'S UND AUTENRIETH'S J. F. MECKEL'S UND JOH. MÜLLER'S ARCHIV.

JAHRGANG 1863.

Mit zwanzig Kupfertafeln.

LEIPZIG.

VERLAG VON VEIT ET COMP.

Inhalt.

Seite

Neue Beiträge zur Anatomie und Morphologie der Nematoden. Von Dr. Anton Schneider. (Hierzu Taf. I. u. II.) . . . 1

Mittheilungen aus dem Laboratorium der Universitätsklinik, unter Leitung des Hrn. Prof. Dr. Frerichs. Von Dr. O. Schultzen 25

Ueber den Netzknorpel des Ohrs Von Dr. H. Rabl-Rückhard. (Hierzu Taf. III. A., Fig. 1—3.) 41

Ueber Pflüger's Versuch die Abhängigkeit des elektrotonischen Erregbarkeitszuwachses von der Zeit zu bestimmen und über einen neuen Versuchsplan zur exacten Ermittelung derselben. Vorläufige Bemerkungen von Joh. Czermak 65

Ueber die Mikropyle von *Osmerus eperlanus*. Von Dr. Reinhold Buchholz. (Hierzu Taf. III. B., Fig. 1—4.) 71

Antikritik. Von Dr. Fr. Goltz, Prosector zu Königsberg i. Pr. 81

Ueber die neueren Reformen in der Zellenlehre. Von C. B. Reichert. Vorgetragen in der Königlichen Akademie der Wissenseschaften zu Berlin am 15. Januar 1863 . . . . . 86. 129

Zur Physiologie des Gehörorganes. Vom Sanitäts-Rath J. Erhard 152

Ueber Drüsenzellen in der Lungenschleimhaut bei Amphibien. Von Dr. C. Gegenbaur in Jena 157

Ein Fall von Nebenpankreas in der Magenwand. Mitgetheilt von Dr. C. Gegenbaur 163

Kurze Uebersicht der Lehre des Muskeltonus. Von J. Cohnstein 165

Ueber Cephalometrie in Beziehung auf Phrenologie und Ethnologie. Von Professor Mayer in Bonn 172

Untersuchungen über den Stiel der Vorticellen. Von Elias Mecznikow aus Charkow 180

Der Parasit in der neuen Krankheit der Seidenraupe noch einmal. Von Fr. Leydig in Tübingen 186

Einiges über den Fettkörper der Arthropoden. Von Fr. Leydig 192

Ueber die Ausscheidung der Hippursäure bei Verschluss des Ductus choledochus. Von Dr. Schultzen 204

Ueber die Muskelfaser der Evertebraten. Von G. R. Wagener. (Hierzu Taf. IV. u. V.) 211

Bemerkungen über den histologischen Bau des Centralnervensystems der Süsswassermollusken. Von Dr. Reinhold Buchholz. (Hierzu Taf. VI. Fig. 1—4. Taf. VII. u. VIII.) . 234. 265

Zur Lehre von der durch Arzneimittel hervorgerufenen Myosis und Mydriasis. Von Leonh. Hirschmann, Arzt aus Charkow 309

Seite

Zergliederung oberer Extremitäten mit angeborenen Defecten an der Hand. Von Prof. W. Gruber in St. Petersburg. (Hierz. Taf. IX.) 219

Einige Versuche mit dem Strom des ruhenden Nerven. Von Dr. Charles E. Morgan aus Amerika 338

Ein Beitrag zur Frage über den Ort der Kohlensäurebildung im Organismus. Von J. Sachs aus Charkow 345

Die Körperchen in den Closterien und Cosmarien. Von W. Thelen 362

Nachträgliche Bemerkung über die Mikropyle von *Osmerus eperlanus*. Von Dr. Reinhold Buchholz. (Hierzu Taf. VIII. A.) 367

Ueber die Arten der Akromialknochen und accidentellen Akromialgelenke. Von Prof. Dr. Wenzel Gruber in St. Petersburg. (Hierzu Taf. X. A.) 373. 393

Ueber die Körnchenbewegung an den Pseudopodien der Polythalamien. Von C. B. Reichert 388

Bemerkungen, betreffend den oben S. 180 befindlichen Aufsatz des Hrn. Mecznikow über den Stiel der Vorticellen. (Schreiben des Herrn Dr. W. Kühne an Herrn Professor E. du Bois-Reymond) 406

Ueber die zu Echinococcus hominis gehörige Tänie. Von Dr. B. Naunyn. (Hierzu Fig. 1—4. der Tafel X. B.) 412

Ueber Bestandtheile der Echinococcus-Flüssigkeiten. Von Dr. B Naunyn 417

Untersuchung über die chemischen Bedingungen der Ermüdung des Muskels. Von Dr. Johannes Ranke 422

Vergleichend-anatomische Bemerkungen über das Fussskelet der Vögel. Von Dr. C. Gegenbaur in Jena 450

Beiträge zur Structur der Gallengänge der menschlichen Leber. Von Dr. L. Riess. (Hierzu Tafel XI.) 473

Bemerkung über eine neue Diplogaster-Art. Von Elias Mecznikow aus Charkow. (Hierzu Tafel XII.) 502

Anatomische Bemerkungen über Branchiobdella parasita (Braun) Odier. Von Wilhelm Keferstein M. D. in Göttingen. (Hierzu Taf. XIII.) 509

Ueber das Gesetz des Muskelstromes, mit besonderer Berücksichtigung des M. gastroknemius des Frosches. Von E. du Bois-Reymond. (Hierzu Taf. XIV. u. XV.) 521. 649

Weitere Beiträge zur Lehre von der Ossification. Von N. Lieberkühn. (Hierzu Taf. XVI.) 614

Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Papillae fungiformes der Froschzunge. Von Dr. R. Hartmann. (Hierzu Taf. XVII. u. XVIII. A. Fig. 64 — 66.) 634. 716

Ueber Bewegungserscheinungen bei den Schwämmen. Von N. Lieberkühn. (Hierzu Taf. XIX.) 717

Die Eihüllen der Spitzmaus und des Igels. Von Dr. Otto Nasse. (Hierzu Taf. XVIII. B. Fig. 1—4.) 730

Ueber den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut. Von Adolf Fick. (Hierzu Taf. XX.) 739

2510

Neue Beiträge zur Anatomie und Morphologie der Nematoden.

Von

Dr. Anton Schneider.

IV. Das Nervensystem.

(Hierzu Taf. I. u. II.)

Das Nervensystem der Nematoden ist ein schon viel behandelter Gegenstand. Nachdem man sich lange mit den Angaben von Otto begnügt, welcher im Jahre 1816 bei *Strongylus Gigas* ein Nervensystem beschrieben hatte, wurde unsere Kenntniss durch die Untersuchungen von Meissner (1853/55), wie es schien, ausserordentlich erweitert. Meissner fand bei *Mermis albicans* und *nigrescens* ein ausgebildetes Nervensystem und beschrieb dessen Bau in allen anatomischen und histologischen Einzelheiten. Ihm folgten Wedl und Walter mit theilweise ebenso ausführlichen Beschreibungen des Nervensystems von anderen Species. Diese Entdeckungen wurden mit Beifall aufgenommen, allein zu früh. Es gelang mir (II. u. III.[1])) nachzuweisen, dass das peripherische Nervensystem dieser Autoren mit ungleich grösserem Recht zu dem Muskelsystem zu rechnen sei. Ich habe die Freude gehabt, dass ein namhafter

1) Um die Citate meiner früheren Beiträge zur Anatomie und Morphologie der Nematoden zu vereinfachen, werde ich dieselben nach der laufenden Nummer bezeichnen:

I. Ueber die Seitenlinien und das Gefässsystem der Nematoden. Dieses Archiv 1858, S. 426.

II. Ueber die Muskeln und Nerven der Nematoden. Dieses Archiv 1860, S. 224.

III. Bemerkungen über *Mermis*. Dieses Archiv 1860, S. 243.

Histolog, Franz Leydig, mir darin vollständig beigestimmt hat (dieses Archiv 1861, S. 605 ff.). Auch die Sicherheit in Betreff des centralen Nervensystems wurde wesentlich erschüttert. Das angebliche centrale Nervensystem Meissner's bei *Mermis nigrescens* erwies sich nicht als Nervensystem, sondern als Oesophagus. Die Beschreibung des centralen Nervensystems, welche Walter bei *Oxyuris ornata* gegeben, konnte ich nach eigener Untersuchung nicht bestätigen. Ein so kleiner Nematod schien mir damals und scheint mir auch jetzt nicht das geeignete Object zu sein, um eine so wichtige Frage endgültig zu lösen. Mit Sicherheit konnte ich damals nicht angeben, wie das Nervensystem der Nematoden beschaffen sei. Ein blasses, am Oesophagus liegendes Band, welches Lieberkühn, Wedl und ich selbst bei mehreren Nematoden gefunden hatten, konnte noch am ersten für ein Centralorgan gehalten werden.

Ich habe diesen Gegenstand seitdem nicht aus dem Auge verloren und vermag nun eine genaue Beschreibung des centralen und peripherischen Nervensystems der Nematoden zu geben. Ich verdanke dies wesentlich einem Kunstgriff, durch welchen dasselbe bei den grösseren Nematoden leicht und sicher zu präpariren ist. So einfach dieser Kunstgriff ist, so hat es doch nur an der Unkenntniss desselben gelegen, dass dieses sehr deutlich ausgebildete Nervensystem so vielen Forschern entgehen konnte. Das Centralorgan des Nervensystems bildet nämlich einen Ring, welcher den Oesophagus eng umschliesst, ohne mit demselben zu verwachsen; der Ring ist aber mit der Leibeswand durch verschiedene Fortsätze sehr fest verbunden. Daraus ergiebt sich die richtige Präparationsweise. Man trennt z. B. bei *Ascaris megalocephala* das Vorderende in einer Länge von $^1/_2$'' ab; dann schneide man mit einem scharfen Messer der Länge nach durch den Leib, aber so, dass man zugleich den Oesophagus spaltet. Man kann diesen Schnitt auch mittelst einer feinen Scheere machen, indem man die Spitze derselben in den Oesophaguskanal schiebt und die Wand des Oesophagus und des Leibes gleichzeitig durchschneidet. Nun schneidet man die Lippen ab, entfernt den Oesophagus, breitet

die Leibeswand aus und hat das centrale Nervensystem unversehrt auf der inneren Fläche der Leibeswand liegen. Das Wesentliche in dieser Methode besteht in dem Aufschneiden des Oesophagus. Wird nur die Leibeswand aufgeschnitten, so zerreisst das Nervensystem beim Ausbreiten und man erhält nur Bruchstücke. Will man das Präparat noch verbessern, so kocht man es kurze Zeit in verdünnter Essigsäure, worauf sich die Cutis leicht abstreifen lässt, und untersucht nun unter Glycerin. Am besten eignen sich bei *A. megalocephala* die noch unausgewachsenen Individuen von 6″ Länge. Die älteren Individuen sind zu undurchsichtig. Dieses Präparat gewährt zwar die schnellste und leichteste Uebersicht über das gesammte Nervensystem, um aber den feineren Bau kennen zu lernen, sind zahlreiche Querschnitte unbedingt nöthig. Die Schnitte müssen sehr sorgfältig mit den schärfsten Messern gemacht werden. Man erhärtet zu diesem Zwecke die Thiere zuerst in Spiritus, dann in Chromsäure. In Spiritus von etwa 45° Tralles dürfen die Thiere Jahre lang liegen, in Chromsäure aber nur einige Tage. Die Härte hängt weniger von der Concentration der Chromsäurelösung, als von der Zeitdauer der Einwirkung ab, man wird den günstigen Härtegrad danach leicht durch Probiren finden.

Meine Untersuchungen sind besonders an *Ascaris megalocephala* und *Oxyuris curvula* angestellt. Ich will zunächst das Nervensystem der ersten Species beschreiben.

Ich setze als bekannt voraus die Lage der Seitenfelder und Medianlinien, sowie den Umstand, dass *A. megalocephala* ein Coelomyarier ist.[1]) Der Nervenring (Fig. 1 an) liegt etwa 2 Mm. von der Mundöffnung entfernt, er ist vollkommen geschlossen und liegt dem Oesophagus dicht an. Von dem Nervenringe gehen 6 Stränge nach vorn. Vier derselben (nervi submediani) entspringen ungefähr in der Mitte zwischen dem Rande eines Seitenfeldes und der Medianlinie, dem Seitenfelde etwas genähert. Ihre Wurzeln beginnen mit einer breiten Basis, welche, allmählig sich verengernd, in den schmalen Strang übergeht.

1) Man vergleiche über diesen Ausdruck II.

Zwei andere Stränge (Nervi laterales) liegen in der Mitte des Seitenfeldes. Sie sind ganz in die Substanz des Seitenfeldes eingehüllt und entweder mühsam durch directe Präparation oder sehr leicht und deutlich auf Querschnitten zu erkennen.

Nach rückwärts sieht man 2 starke Stränge abgehen. Sie entspringen auf der Bauchseite zu beiden Seiten der Bauchlinie, gehen in einem Bogen nach der Bauchlinie, dann ein kurzes Stück nach hinten. Sie verschwinden aber bald und sind schon bei dem Bogen der Anastomose des Wassergefässsystems, welcher kurz hinter dem Nervenringe liegt, nicht mehr zu sehen. Ich bezeichne sie als Rami communicantes.

Mit diesen Nerven stehen zahlreiche Ganglienzellen in Verbindung. Sie liegen entweder im Verlauf der Fasern, oder sind als Ursprung derselben zu betrachten.[1]) Die Nervi submediani besitzen nur wenig Ganglienzellen. Theils sind sie bipolar und liegen im Verlauf der Nervenfasern, theils unipolar und senden ihren Fortsatz nach vorn. Mehr Ganglien liegen am Ursprung und im Verlauf der N. laterales. Die N. laterales besitzen viel mehr Fasern als die N. submediani. Ihre Fasern entspringen nicht aus dem Centralring allein. Zahlreiche Ganglienzellen von verschiedener Grösse liegen hinter dem Nervenringe, neben und vor demselben. Sie sind uni- und bipolar. Ich würde auch multipolare nennen, wenn ich mich hätte überzeugen können, dass die Ausläufer der multipolaren Zellen wirklich Nervenfasern sind. Sie sind nämlich viel dünner als die der uni- und bipolaren und können möglicherweise dem umliegenden Gewebe angehören. Diese Ganglienhaufen nennen wir Ganglia lateralia. Die hinter dem Nervenringe liegenden Zellen sind, wie es scheint, meist unipolar und senden ihren Fortsatz nach vorn.

Eine grosse Ganglienanhäufung liegt auf und in der Bauchlinie, unmittelbar hinter dem Nervenringe. Es sind ebenfalls uni- und bipolare Zellen. Sie werden sich wohl meist mit den Fasern der Rami communicantes verbinden. Auch multi-

1) Auch Leukart bemerkt in seinem vor Kurzem erschienenen Jahresbericht pro 1860: dass *Oxyuris vermicularis* in seinem Nervenbande sehr deutliche Ganglienzellen besitze

polare Zellen sind vorhanden, von welchen dasselbe gilt, was ich bei den Ganglia lateralia sagte. Man kann in dieser Ganglienmasse 2 Hälften unterscheiden, welche durch das Gewebe der Bauchlinie von einander getrennt sind. Ich bezeichne sie als Ganglia mediana.[1]) Zu beiden Seiten der Bauchlinie liegen jederseits 6 einzelne zerstreute Ganglienzellen. 2 liegen hinter einander nahe an der Bauchlinie. 3 andere liegen meist auf der Mitte der Bauchfelder etwas zerstreut. Diese 5 sind unipolar. Ihr Fortsatz geht nach vorn und tritt ein in das Ganglion ventrale medianum. Die 6te Zelle liegt am meisten dem Seitenfelde genähert, sie ist bipolar und sendet den einen Fortsatz nach dem G. medianum, den anderen nach dem Seitenfelde. Wir nennen diese Ganglien Ganglia ventralia dispersa.

An diesen letzteren kann man die histologische Zusammensetzung der Ganglienzellen und Nervenfasern am besten kennen lernen. Die Ganglienzellen besitzen einen deutlichen Kern und Kernkörper. Die Nervenfasern sind ziemlich breit, von elliptischem Querschnitt. Eine deutliche Membran erkennt man wohl an den Zellen, aber nicht an den Fasern. Die Fasern bestehen scheinbar aus einer homogenen Masse, welche nach Einwirkung der Chromsäure das Ansehen von geronnenem Eiweiss hat. So sind auch die bipolaren Ganglienzellen und Fasern in den N. mediani und laterales beschaffen. Die Zusammensetzung des Centralringes ist schwer zu erkennen. Im frischen Zustande ist derselbe so elastisch, dass er sich fast auf die Hälfte seines Umfanges zusammenzieht, wenn man ihn von seiner Verbindung mit den Seiten und den Medianlinien abtrennt. Diese Elasticität verliert er nach Einwirkung von Alkohol, Chrom-, Essig- und Salpetersäure. Querschnitte des Centralringes in der Längsrichtung, obgleich dieselben sehr wichtig wären, sind mir nur unvollkommen gelungen. Indess liess sich soviel mit Sicherheit feststellen, dass der Centralring von einer derben Scheide umschlossen ist, welche auch Wände nach innen sendet, die den Ring in einer auf die Längsaxe des Thieres

1) In Fig. 3 (Taf. I.) ist an den Rami communicantes und den Ganglia mediana nur die kleinere Zahl von Fasern und Zellen zu sehen. Die grössere Zahl kann man nur auf Querschnitten erkennen.

senkrechten Richtung durchsetzen. Die Scheide ist feingestreift, theilweise rührt die Streifung von feinen Falten, theilweise auch von deutlichen Fasern her. Die wahren Nervenfasern erkennt man von aussen nicht. Sie lassen sich am besten isoliren, indem man den Ring in verdünnter Salpetersäure kocht und zerfasert. Sie zeigen dann dieselbe Structur und Breite wie an den ab- und zugehenden Nervenstämmen. In dem Ringe liegen, doch nicht zu zahlreich, bipolare Ganglienzellen, mit welchen die Fasern verbunden sind. Die Scheide begleitet die austretenden Nervenstämme, wie man am deutlichsten an den Wurzeltheilen der N. submediani erkennt.

Wir müssen nun einer sehr wichtigen Erscheinung unsere Aufmerksamkeit zuwenden, nämlich der Verbindung des Nervenringes und seiner Scheide mit den übrigen Organen und Geweben. Das Seitenfeld und die Medianlinien verändern im Umkreis des Nervenringes ihre Gestalt und Beschaffenheit erheblich, sie werden an Breite, Dicke und histologischer Beschaffenheit sich fast gleich. Dabei springen sie nach innen bis an den Nervenring vor und verschmelzen mit dem Gewebe der Scheide. Diese 4 Vorsprünge theilen den Nervenring in 4 Quadranten. Aber auch das Muskelsystem tritt mit dem Nervenringe in Verbindung. Um diese Verbindung zu verstehen, müssen wir uns an das Verhalten der Muskelzellen im übrigen Körper erinnern. Es ist bekannt, dass sich im Allgemeinen an die Medianlinien Querstränge ansetzen, welche, wie ich früher gezeigt habe, Ausläufer der Muskelzellen der Leibeswand sind. Jedoch nicht durch die ganze Länge des Thieres existiren diese Querstränge in gleicher Weise. Vom Kopf bis zum Nervenringe fehlen sie ganz, im Umkreis des letzteren existiren sie zwar, sie gehen aber nicht zur Medianlinie, sondern an den Nervenring selbst. Erst hinter demselben treten sie an die Medianlinie. Wir werden auf diesen Punkt noch einmal (S. 8) zu sprechen kommen. Was nun das nähere Verhalten der an den Nervenring tretenden Stränge betrifft, so bilden dieselben 4 Bündel, indem sich immer die von einem Muskelfelde entspringenden unter einander vereinigen. Je ein Bündel setzt sich in der Mitte eines der oben erwähnten

Quadranten an die Scheide. Die Gewebe der Querstränge und der Scheide gehen unterschiedslos in einander über.

Dieser directe Zusammenhang des Muskelgewebes mit der Nervenscheide muss an die neuere Entdeckung Leydig's erinnern, welcher in dem Neurilem der Anneliden allgemein Muskelfasern verbreitet fand (d. Archiv 1862, S. 111). Indess würde es gewagt sein, auf diesen Punkt näher einzugehen, da erst durch weitere Untersuchung eine fruchtbare Vergleichung möglich sein wird.

Nachdem die Anatomie und Histologie des Centralnervensystems soweit festgestellt war, wandte ich mich von Neuem zur Untersuchung der Medianlinien, in der Hoffnung, in diesen Gebilden, die, wer will es läugnen, so sehr an das Nervensystem der Gliederwürmer erinnern, Nerven zu entdecken.

Die Medianlinien von *A. megalocephala* bestehen aus einem Bande von einer gewissen, an den verschiedenen Stellen ungleichen Breite. Der freie Rand ist nicht geradlinig, sondern wellig gebogen. Die Muskelzellen legen sich daran an und steigen auch — um mich dieses Bildes zu bedienen — daran in die Höhe. Es ist nicht leicht, hinreichend feine Querschnitte zu erhalten, man bedarf dazu der schärfsten Messer. Noch schwerer ist es, die Medianlinie auf längere Strecken zu isoliren, die anhängenden Querstränge und die Muskelfasern zu entfernen, namentlich aber dieselbe von ihrer Verbindung mit der Cutis zu trennen. Die Muskeln entfernt man am besten durch Kochen mit verdünnter Salpetersäure.

Ich erwähne diese Schwierigkeiten, um Diejenigen aufmerksam zu machen, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigen wollen.

Betrachten wir zuerst das histologische Verhalten der Querstränge zu den Medianlinien, so gehen die letzteren mit ihrem äusseren — auf der Leibeshaut befestigten — Rande allerdings aus der körnigen Schicht, die wahrscheinlich als der Matrix Cuticula zu betrachten ist, hervor; allein an ihrem inneren Rand, wie man sich an feinen Querschnitten überzeugen kann, endigen die sich ansetzenden Querstränge keineswegs als blind geschlossene Schläuche oder hängen nur unter sich zusammen,

sondern sie gehen unmittelbar in das faserig-körnige Gewebe der Medianlinie über.[1]) Insofern ist eine Aehnlichkeit im Gewebe der Scheide des Centralringes mit dem der Medianlinie unverkennbar. Man könnte daraus vielleicht schliessen, dass die Medianlinie ebenfalls eine Scheide ist und noch Nervenfasern in sich schliesst.

Auf Querschnitten bemerkt man nun, dass die Medianlinien der Länge nach von Hohlräumen mit elliptischem und kreisförmigem Querschnitt durchzogen sind. Diese Röhren sind continuirlich erfüllt mit einer durchsichtigen ganz homogenen Substanz. Die Substanz wird wenig gefärbt von Carminlösung, Jod, Chromsäure; jedenfalls nicht stärker, eher etwas weniger als das umgebende Gewebe. Säuren und Alkalien lösen sie nicht. Da die Medianlinien vorzugsweise aus Querfasern bestehen, sich also fast nur in der Quere spalten lassen, so kann man diese Substanz nicht in längeren Stücken durch Zerreissen isoliren. Auch kann man die Röhren an der frei präparirten und platt liegenden Medianlinie nur manchmal erkennen, dazu ist dieselbe nicht durchsichtig genug. Trotzdem ist der continuirliche Verlauf dieser Röhren und der erfüllenden Substanz zweifellos. Die Zahl dieser Röhren ist an den verschiedenen Stellen nicht gleich, auch sind in der Bauchlinie mehr als in der Rückenlinie. In jener zählt man 6—8, in dieser 4—6. Unleugbar stehen diese Gebilde mit den Querfortsätzen der Muskelzellen in einer bestimmten Beziehung. Wo die Einen auftreten, treten auch die Anderen auf. Vor dem Centralringe sind keine Querfasern vorhanden, dort fehlen auch die Röhren. Hinter dem Centralringe ist der Punkt, an welchem die Querfasern auftreten, nicht gleich. In der Rückenlinie beginnen sie fast unmittelbar hinter dem Nervenringe und mit ihnen die Röhren. An der Bauchlinie treten die Querfasern erst hinter dem Bogen des Wassergefässsystemes auf, ebenso die Röhren. Es ist in die-

1) Man kann allerdings den inneren Rand der Medianlinien mit sammt den Muskelansätzen abpräpariren und es scheint dann der Strang der zusammenfliessenden Muskelansätze ein isolirtes Gebilde. So habe ich es früher auch aufgefasst (II. S. 239), das wahre Verhalten wird aber durch gute Querschnitte deutlich.

sen Beziehungen gewiss nichts Zufälliges. Ich habe deshalb vermuthet, dass die ausfüllende Substanz der Röhren Nervenmasse ist, von Nervenfasern, welche die Muskeln zu versorgen vorzugsweise bestimmt sind. Der eigenthümliche Glanz, welchen sie besitzen, erinnert an das Ansehen der grossen breiten Fasern, welche von den Ganglia dispersa herkommen. Allein die Merkmale der Nervenfasern sind so wenig hervorragend, dass man mit Sicherheit nur das für dergleichen halten darf, was man bis zum Centralringe verfolgen kann. Leider ist dies bei den Fasern der Medianlinien nicht der Fall. Man könnte leicht geneigt sein, die Rami communicantes für den Ursprung der Fasern, welche der Bauchlinie angehören, zu halten. Dann müsste man aber auch etwas Analoges an der Rückenlinie finden. Das ist aber nicht der Fall. Da überhaupt die Bauchlinie an ihrer dem Centralringe anliegenden Stelle durch die Ganglia mediana etc. complicirter ist, so wird man die Frage, ob überhaupt Nervenfasern aus dem Centralringe in die Medianlinien treten, am besten an der Rückenlinie untersuchen.

In dem Centralringe, da wo die Rückenlinie daran stösst, liegt eine grosse tripolare Ganglienzelle (Fig. 6). 2 Ausläufer gehen beiderseits in den Ring, der dritte nach aussen in die Medianlinie. Diese letztere Faser scheint nach hinten umzubiegen. Allein es ist unmöglich, ihren Lauf zu verfolgen, da, wie schon oben bemerkt, die Medianlinien nur schwer durchsichtig sind. Ausserdem habe ich keine Faser in die Rückenlinie treten sehen. Wollte man also annehmen, dass dieser eine Fortsatz der tripolaren Zelle die Wurzel der Längsfasern der Medianlinien wäre, so müsste sich dieselbe in 4—6 Zweige spalten. Ausserdem müssten die Zweige ihren Charakter etwas verändern. Sie besitzen nämlich durchschnittlich einen grösseren Querschnitt als die angebliche Stammfaser. Unmöglich wäre dies nicht, allein es ist mir nicht gelungen, die Spaltung zu erkennen. An der Bauchlinie liegt dieselbe tripolare Ganglienzelle (Fig. 1.tr), hier kann man aber noch weniger den Medianfortsatz derselben verfolgen. Ich muss aber noch besonders hervorheben, dass man etwaige Fortsätze der Fasern der Rami communicantes in dem Bauchstrange nicht finden kann, sobald diese

eigenthümlichen Fasern auftreten. Ein besonderer Bauchnervenstrang, der etwa ein Fortsatz der Rami communicantes wäre, existirt also nicht.

Auch von einer anderen Seite suchte ich eine Entscheidung über die Bedeutung dieser Fasern herbeizuführen. Ich habe nämlich früher (II. S. 240 u. Taf. VI. 10 u. 11) platte helle Bänder beschrieben, welche innerhalb der körnigen Hautschicht der Matrix der Cutis wellenartig von den Medianlinien zu den Seitenfeldern verlaufen und während ihres Verlaufs von Zeit zu Zeit kurze Zweige abgeben. Leydig hat die Existenz dieser Fasern bestätigt (a. a. O. S. 611) auch eine Methode angegeben, nach welcher sie leichter zu präpariren sind. Leydig hält diese Fasern für Gefässe. Ich gebe gern zu, dass der Raum, in welchem diese Fasern liegen, etwas Gefässartiges hat, aber die Fasern selbst besitzen keinen Hohlraum, sie sind nicht als Gefässe zu betrachten. Wäre es gelungen, diese Fasern in die Medianlinien zu verfolgen und mit den oben beschriebenen Längsfasern sich verbinden zu sehen, so wäre für beide eine Deutung als Nervenfaser wahrscheinlicher geworden. Allein auch dies ist misslungen. Schon die technischen Schwierigkeiten sind fast unüberwindlich. Indess haben diese Untersuchungen wenigstens den Erfolg gehabt, dass ich diese platten Fasern der Cutis bei einer grösseren Zahl Nematoden gefunden habe; so vor Allen bei *A. megalocephala*, wo ich sie früher vermisste. Leicht sind sie zu finden bei einer Reihe kleiner durchsichtiger Species, so z. B. bei *Heterakis vesicularis* und den *Enoplus*. Bei anderen habe ich sie aber auch vermisst, z. B. bei den *Strongylus* und *Oxyuris*. Ich muss mich vorläufig damit begnügen, die Structur der Medianlinien thatsächlich mehr aufgeklärt zu haben. Ueber die physiologische Bedeutung der einzelnen Theile müssen aber weitere Forschungen entscheiden.

Ehe wir das Nervensystem von *A. megalocephala* verlassen, müssen wir noch eine Gewebsform erwähnen die wir bei der früheren Darstellung des Muskelsystems übergangen. Es verbindet sich, wie dies zuerst Leydig hervorgehoben hat, das Sarkolemma theils im Innern der Zellen durch Fäden, theils

nach aussen zwischen den benachbarten Zellen durch Fäden und Membranen. Diese Verbindungen sind nun am Kopfe äusserst zahlreich, sie umspinnen die blasenförmigen Hervortreibungen der Zellen mit neuen concentrischen Sarkolemmaschichten. Man kann die Textur dieses Gewebes nur auf Querschnitten (Fig. 6 u. 7) erkennen, von der Fläche gesehen, nimmt es sich als ein unregelmässiges Gewirr von Fasern und Membranen aus. Es füllt dies Gewebe den freien Raum zwischen der Leibeswand und dem Oesophagus hauptsächlich aus. Die N. submediani und die Ganglia dispersa sind darin vollständig eingebettet.

Zur Vergleichung habe ich auch das Nervensystem der *Ascaris lumbricoides* untersucht. Es standen mir nur wenige Exemplare zur Verfügung; es scheint aber, dass es von dem der *A. megalocephala* nicht wesentlich abweicht. Der Centralring, die N. submediani, das Ganglion medianum, die Rami communicantes und die Querschnitte des eigenthümlichen Fasern der Medianlinien, die Verbindung der Muskelfortsätze mit dem Nervenringe liessen sich genügend erkennen.

Wir verlassen nun das Nervensystem der *Ascaris megalocephala* und gehen zum Nervensystem der *Oxyuris curvula* über. *Oxyuris curvula* ist unter den Platymyariern die gröste Species. Es ist begreiflich, dass die Vergleichung zweier im System weit von einander stehenden Species unumgänglich nöthig war.[1])

Der Centralring ist schon mit blossem Auge und durch die Leibeshülle an seiner weisslichen Farbe zu erkennen. Er liegt kurz hinter dem Munde. Präparate der aufgerollten Leibesfläche mit dem gesammten Nervensystem lassen sich in der oben beschriebenen Weise leicht darstellen. Ebenso Querschnitte der Kopfgegend. Die histologischen Elemente sind weniger deutlich als bei *A. megalocephala*; die Ganglienzellen

1) Ich benutzte zu dieser Untersuchung zahlreiche, in Spiritus sehr wohl erhaltene Exemplare, für deren Ueberlassung ich Herrn Geheimrath Gurlt zum aufrichtigsten Dank verpflichtet bin. Frische Exemplare konnte ich mir leider nicht verschaffen, Eine grosse Zahl von Pferden wurde vergeblich danach untersucht.

sind viel kleiner, die Fasern sehr schmal und nur deutlich, wenn man ganze Faserzüge vor sich hat. Der Bau des Nervensystems ist im Allgemeinen ganz derselbe. Der Centralring, die N. submedjani und laterales, die Rami communicantes, die Ganglia mediana sind leicht wieder zu finden. Man darf nicht vergessen, dass die Nervenstränge, wie sie Fig. 4 abgebildet sind, nicht die Stärke und Zahl der wahren Nervenfasern ausdrücken. Die Scheide wird wahrscheinlich vorzugsweise die verhältnissmässige Stärke dieser Stränge verursachen. Die Ganglia dispersa habe ich nicht gefunden. Sollten sie dennoch existiren, so werden sie wahrscheinlich weit nach hinten liegen und den übrigen Ganglienzellen entsprechend sehr klein sein. Ebensowenig fand ich jene Fasern der Medianlinie. Gute Querschnitte der hinteren Partien des Leibes sind mir allerdings nicht gelungen, da die Leibeshaut zu dünn ist. An den Seitenfeldern tritt ein eigenthümliches Organ (Fig. 4x) mit dem Centralringe in Verbindung. Es ist ein Schlauch von elliptischer Gestalt, welcher sich vorn flaschenhalsartig verengert und in oder unter den Nervenring tritt. Am hinteren Ende tritt er mit einer kugligen Blase in Verbindung. Schlauch und Blase sind mit dem Seitenfelde verwachsen. Es scheint, dass Nervenfasern sich auf dem Schlauche verbreiten. Ueber die Bedeutung dieses Organs vermag ich gar nichts auszusagen. Während uns *Oxyuris curvula* über die Anatomie und Histologie des Nervensystems keine neuen Aufschlüsse gewährt, ist die Species aber in einer anderen Beziehung von grosser Wichtigkeit. Wegen der Einfachheit des Baues der Muskelschicht kann man hier das Gesetz des Zusammenhanges der Muskelzellen mit dem Centralringe genau verfolgen.

Ich muss zu diesem Zwecke vorher ein Gesetz der Muskelzellen entwickeln, welches ich mir vorbehalte, später im Zusammenhange mit anderen Erscheinungen weiter zu verfolgen.

Die Muskelzelle der *O. curvula*, eines Platymyariers, besteht aus einem fibrillären und einem blasigen Theile. Der fibrilläre Theil liegt an der Leibeswand an und hat die Gestalt einer rhombischen Platte. Die Rhomben bedecken die Muskelfelder wie die Vertäfelung einen Fussboden. Man erinnere sich fer-

ner, dass *Oxyuris curvula* 2 Medianlinien und 2 Seitenfelder besitzt, zwischen welchen die 4 gleichbreiten Muskelfelder verlaufen. Nun kann man die Abgränzung der rhombischen fibrillären Platten durch folgende Construction bestimmen. Ziehen wir in jedem Muskelfeld eine secundäre der Hauptmedianlinie parallel laufende Medianlinie, durch welche jedes Muskelfeld in 2 gleich breite secundäre Muskelfelder geschieden wird, theilen wir jede Hauptmedianlinie und die Ränder der Seitenfelder, vom Vorderende anfangend, in gleiche Theile, deren jeder der Seite eines Rhombus entspricht. Ziehen wir dann Linien von dem Vorderende der secundären Medianlnien zum ersten Theilstrich des zunächst liegenden Randes eines Seitenfeldes, dann vom Vorderende der Hauptmedianlinien zum zweiten Theilstrich der beiderseits zunächst liegenden Ränder der Seitenfelder, und dann vom ersten Theilstrich der Hauptmedianlinie zum zweiten des Seitenfeldrandes u. s. w. So sind alle Muskelfelder in gleiche Rhomben getheilt, welche den fibrillären Platten entsprechen. Bei dieser Construction bleiben zwischen den ersten und letzten Rhomben freie Räume, in welcher gerade ein halber Rhombus Platz hätte. Diese Räume sind am Kopfe ebenfalls durch Muskelzellen ausgefüllt, deren fibrillärer Theil die Gestalt eines halben Rhombus hat. Diese 8 halben Zellen nenne ich Kopfzellen. Die Zellen jedes Muskelfeldes bilden 2 Reihen, welche durch eine secundäre Medianlinie getrennt sind. Die Zellen stossen nur mit vorderen Spitzen an Hauptmedianlinien, nur mit hinteren Spitzen an Seitenfelder. Alles dies wird man aus der Fig. 5, welche eine aufgeschnittene und aufgerollte Leibeswand schematisch darstellt, sich leicht deutlich machen. Die secundären Medianlinien sind in dem grössten Theil des Körpers nicht durch ein besonderes Gebilde ausgezeichnet. Am Nervenringe sind es aber weit hervorspringende Kanten, die man schon äusserlich an ihrer weisslichen Farbe erkennt. Sie treten an den Nervenring heran und verschmelzen mit der Scheide wie die Hauptmedianlinien und die Seitenfelder. Die Kopfzellen sind ebenfalls durch im auffallenden Lichte weissliche Farbe von den übrigen Muskelzellen ausgezeichnet.

Das hier entwickelte Gesetz der Muskelzellen gilt mit einigen Modificationen für einen grossen Theil der Platymyarier, unter anderen für die Gattungen *Oxyuris* und *Strongylus*.

Kehren wir nun zu dem Nervenringe zurück und zu seiner Verbindung mit den Muskeln. Die Kerne der Muskeln liegen im allgemeinen ungefähr in der Mitte der Rhomben. Bei den Kopfzellen liegen sie kurz hinter dem Nervenringe. Ueber den Kernen der 8 Kopfzellen nun erhebt sich ein Strang wie ein gewöhnlicher Querstrang (Fig. 2 u. 4) und geht nach vorn und innen. Die Stränge je zweier Zellen eines Muskelfeldes vereinigen sich aber in einem Bogen und der aus der Vereinigung beider hervorgehende breitere Strang tritt nun an den Centralring, um mit der Scheide desselben zu verschmelzen. Allein mit jedem Strange einer Kopfzelle vereinigt sich gleich bei seinem Ursprunge noch ein Strang. Er kommt von hinten von der vorderen Spitze der ersten ganzen Muskelzelle und zwar immer von der, welche mit der betreffenden Kopfzelle zu demselben secundären Muskelfelde gehört. Es sind also nachweislich die ersten 16 Zellen mit dem Centralringe in einer unmittelbaren Verbindung.

Noch zu einer anderen merkwürdigen Beobachtung bietet *O. curvula* Gelegenheit. Man sieht nämlich zu beiden Seiten der Hauptmedianlinien unter einem spitzen Winkel ein sich leicht nach hinten krümmendes Bündel feiner Fasern aus dem Centralringe treten. Es hat allen Anschein, als ob diese Fasern zur Versorgung der Kopfmuskelzellen bestimmt sind. Da wir einen unmittelbaren Uebergang der Nervenscheide und des Muskelgewebes zum mindesten wahrscheinlich gemacht haben, so würden hier die Nervenfasern ihre Scheide gar nicht zu verlassen brauchen, um in eine Muskelzelle einzutreten. Indessen sind die Fasern zu zart, um die Beobachtung so sicher zu stellen, als es zur Entscheidung in einer so wichtigen Frage mir nöthig scheint.

Unter den Platymyariern habe ich noch an *Strongylus armatus* das Nervensystem präparirt und den Centralring sowie die N. submediani erkannt. Doch eignet sich diese Species wenig zur Untersuchung, denn der Centralring ist klein und

das von dem Sarkolemma herrührende Gewebe, welches wir bei *A. megalocephala* näher beschrieben haben, ist in so überwiegender Masse entwickelt, dass die Nerven darin verschwinden. Auch ist die Cutis viel dicker und härter als bei *Oxyuris curvula*. Wie ich denn überhaupt bemerken muss, dass *Oxyuris curvula* von allen Species am meisten zur ersten Untersuchung zu empfehlen ist.

Ehe wir diese Untersuchungen verlassen, müssen wir noch eine sich nothwendig aufdrängende Frage besprechen, welche Organe der Nematoden als Sinnesorgane zu betrachten sind und wie sich die Nerven zu denselben verhalten. Eine Familie freilebender Nematoden: *Enoplus* Duj., *Phanoglene* Nordmann, *Enchilidium* Ehrenberg besitzen unzweifelhafte Augen. Eberth, welcher sie neuerdings untersuchte, hat einen daran tretenden Nerven nicht gefunden. Ich habe an den *Enoplus*, die ich vielfach untersuchte, den Nerven ebenfalls nicht gefunden, doch zweifle ich nicht, dass er sich finden wird, die Untersuchung würde aber grosse Beharrlichkeit und wahrscheinlich viel Zeit erfordern.

Ausserdem kommen an den Nematoden Gebilde vor, welche wie mir scheint, gewisse Eigenschaften von Tastwerkzeugen besitzen. Es sind röhrenförmige Löcher der Haut, erfüllt mit einer feinkörnigen Masse, welche eine unmittelbare Fortsetzung der feinkörnigen Matrix der Cutis zu sein scheint. Die äussere Fläche der Papille ist entweder glatt oder sie bildet eine warzen-, nagelförmige oder auch complicirter gestaltete Erhebung der Cutis. Solche Papillen kommen an 4 verschiedenen Stellen vor und man kann sie unterscheiden in 1) Mundpapillen, stehen um den Mund in der 2, 4, 6, 8 und 10-Zahl, 2) Halspapillen, stehen weiter rückwärts bis an das Oesophagusende in der 2-Zahl, immer lateral, 3) Schwanzpapillen, stehen am Schwanze der Geschlechtslosen und Weibchen in der 2-Zahl immer lateral, 4) Begattungspapillen stehen am Schwanz der Männchen ventral, symmetrisch zu beiden Seiten der Bauchlinie. Diese Papillen sind schon vielfach abgebildet und beschrieben. Obgleich in den bisherigen Benennungen keine Consequenz und die Beschreibungen oft sehr mangel-

haft sind, muss ich mir doch diesmal versagen, ausführlicher darauf einzugehen. Man hatte sie bisher immer als Tastwerkzeuge betrachtet. Es ist mir jedoch auch jetzt nicht gelungen, den Zusammenhang derselben mit den Nerven zu verfolgen. Ich vermuthe, dass die N. submediani und laterales die Mundpapillen versorgen. Allein die Lippen der *A. megalocephala* sind mit soviel Fasern durchzogen, die wahrscheinlich einen sehr verschiedenen histologischen Ursprung haben, dass ich es vorläufig aufgegeben habe, die Nervenfasern darunter zu erkennen. Was die Halspapillen betrifft, so kann man bei *A. lumbricoides* allerdings jene breiten Fasern der Cutis, welche ich für Nervenfasern halte, bis an die Halspapillen verfolgen. Ich habe dies Verhalten bei einer früheren Gelegenheit (II, Taf. VI, Fig. 10) abgebildet. In die Papillen selbst habe ich aber diese Fasern nicht eintreten sehen, sie scheinen mir im Gegentheil noch vor der Papille aufzuhören. An den Schwanz- und Begattungspapillen waren meine Beobachtungen noch erfolgloser.

Erklärung der Abbildungen.

an Centralring des Nervensystems. ns Nervus submedianus. nl Nervus lateralis. rc Ramus communicans. d dorsale Medianlinie. d' dorsale secundäre Medianlinie. v ventrale Medianlinie. v' ventrale secundäre Medianlinie. l Seitenfeld.

Fig. 1. *Ascaris megalocephala.* Präparat des Nervensystems, wie es auf der ausgebreiteten Leibeswand liegt. Nur die Bauchseite nebst den beiden Seitenfeldern ist abgebildet. Vergr. 100. bb Bündel der strangförmigen Fortsätze der Muskelzellen, welche sich an die Scheide des Nervenringes ansetzen. gl Ganglion laterale, es sind nur einige Zellen sichtbar. gd Ganglion dispersum, 6 bezeichnet die bipolare Ganglienzelle, welche in der Beschreibung als die 6te aufgeführt wurde. gm Ganglion medianum, auch hier sind nur wenig Zellen sichtbar. tr tripolare Ganglienzelle, welche auch auf der entsprechenden Stelle der Rückseite liegt. cc Kerne des Seitenfeldes, welche an sehr jungen Exemplaren auf Einwirkung von Carminlösung sichtbar werden. ar Bogen des Wassergefässsystems. γ Blase mit Kügelchen erfüllt, welche constant an einer Seite des Bogens vorkommt.

Fig. 2. *Oxyuris curvula.* Querschnitt (circa 0,5 Mm. dick) des

Leibes mit dem Nervenringe. Der Oesophagus, welcher den inneren Raum ursprünglich ausfüllte, ist weggenommen worden. Das trichterförmige Stück des Leibes ist so gestellt, dass man von hinten hinein sieht. Vergr. 50. 1, 2 ... 8 sind die Querschnitte der 8 Kopfzellen, man erkennt in jeder den fibrillären Theil, darauf die Marksubstanz und den Kern liegend, von jeder geht ein Strang nach dem Nervenring. k Kerne der Kopfzellen. st Strang der Kopfzellen. st' Strang der ersten ganzen Muskelzelle.

Fig. 3. *Oxyuris curvula.* Präparat der aufgerollten Leibeswand und des Nervenringes. Vergr. 20. 1 ... 8 wie in Fig. 2. x räthselhaftes Organ auf dem Seitenfelde.

Fig. 4. Dasselbe, nur theilweise abgebildet. Vergr. 100. Bezeichnung wie in Fig. 2 und 3. t Nervenfasern.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Muskelzellen bei *O. curvula.* m Medianlinien.

Fig. 6. Querschnitt durch den Nervenring und die Rückenlinie an ihrer Verbindungsstelle, zeigt die Ausläufer der tripolaren Ganglienzelle. Vergr. 150.

Fig. 7. Querschnitt der Rückenlinie hinter dem Nervenringe in der Oesophagusgegend. Vergr. 150.

V. Zur Kritik der neueren Nematodenliteratur.

Es sind in neuerer Zeit mehrere Arbeiten über die Anatomie der Nematoden erschienen, welche auf die von mir über denselben Gegenstand ausgesprochenen Ansichten mehr oder minder Bezug haben. Ich will im Folgenden einige Bemerkungen über diese Arbeiten niederlegen.

Zunächst erwähne ich den Aufsatz von F. Leydig: „Haben die Nematoden ein Nervensystem? Bemerkungen zu dieser Frage" (d. Archiv 1861, S. 606). Ich habe schon bemerkt, wie erfreulich es für mich war, dass ein namhafter Histolog sich der Mühe unterzog, meine Angaben durch eigene Untersuchung zu prüfen, und um so mehr, als er dieselben so vollständig bestätigte. Wenn Leydig dabei zu dem Schlusse kommt, dass die beiden von ihm untersuchten Species *Ascaris lumbricoides* und *Gordius* nervenlos sind, so war er dazu bei dem damaligen Zustande unserer Kennt-

nisse berechtigt. Ein erheblicher Widerspruch mit meinen Beobachtungen stellt sich sonst nirgends heraus. Leydig wendet auf die Beschreibung der Muskeln der Nematoden die Kunstausdrücke an, welche sonst in der Histologie der Muskeln gebräuchlich sind. Ich hatte früher gegen die Anwendung dieser Ausdrücke Bedenken ehabt und mich nie des Ausdrucks Fibrillen und Sarkolemma bedient. Indess bin ich jetzt überzeugt, dass man die Rindensubstanz mit vollem Rechte den Fibrillen der Muskelsubstanz höherer Thiere gleichsetzen darf. Den Ausdruck Sarkolemma habe ich zwar ebenfalls acceptirt. Doch meine ich, dass man das Sarkolemma der Nematoden nicht vollständig mit dem der höheren Thiere identificiren kann. Das Sarkolemma der Nematoden ist die Membran der Muskelzelle, das der höheren Thiere, wenn auch nicht ganz, doch zum grössten Theil Bindegewebe. Leydig glaubt an den Quersträngen deutlich die fibrilläre Rindensubstanz unterscheiden zu können. Im Allgemeinen wird man nur sehr vereinzelte Fibrillen in den Quersträngen unterscheiden können. An einer Stelle sind aber die Querstränge zu vollkommenen Muskeln mit sehr deutlichen und dichten Fibrillen verwandelt. Nämlich auf der Bauchseite am Hinterende des ♂. Sollte vielleicht Leydig gerade diese Stelle untersucht haben? Auch die Retractoren der Spicula sind deutlich fibrilläre Muskeln und dabei morphologisch nur Fortsätze der Querfasern.

Gehen wir zu einem zweiten Schriftsteller, Jos. Eberth, über. Gleichzeitig mit dem Erscheinen meiner Aufsätze II. und III. erschien von ihm eine Abhandlung: „Zur Organisation von *Heterakis vesicularis*“ (Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift 1860). Sie erörtert unter anderen auch das Gefäss- und Muskelsystem dieser Species. Ich hebe hervor, dass der Verfasser in einem wichtigen Punkte unabhängig von mir zu demselben Resultate gelangt ist, nämlich darin, dass die Querfasern unmöglich zum Nervensystem gehören können. Die Angaben über Gefäss- und Muskelsystem sind im Allgemeinen richtig, allein sie sind nicht vollständig, und gerade einige Punkte, die zu einer besseren Deutung unbedingt nöthig sind, entgingen dem Verfasser. Indess glaube ich, dass bei

dem objectiven Charakter seiner Beobachtungen eine Verständigung mit ihm wohl möglich sein wird. Eberth beschreibt die Muskeln als Längsfasern von 0,006 Mm. Dicke und 0,045 Breite, jede Faser ist dann zusammengesetzt aus einer grösseren Zahl Fibrillen, welche selbst wieder dünne Bänder darstellen, die quer innerhalb eines Primitivbündels angeordnet sind. Soweit ist die Beschreibung vollkommen richtig, aber der Verfasser hat übersehen, dass immer je zwei seiner Längsfasern an ihrem äusseren, der Cutis aufsitzenden Rande bogenförmig in einander übergehen, also eine Rinne bilden, wie ich dies von den Cölomyariern beschrieben habe.[1]) Da Eberth diese Rinne übersehen hatte, so konnte er auch nicht erkennen, dass die Querstränge, Blasen und die körnige Substanz nebst den Kernen nur Theile der Muskelzellen sind. An *Heterakis vesicularis* ist es auch kaum möglich, auf dieses Verhältniss aufmerksam zu werden, dazu ist diese Species zu klein. Hätte Eberth vor der Untersuchung von *Heterakis* einen grösseren Nematoden beobachtet, so würde ihm das wahre Verhältniss nicht entgangen sein. Er wäre auch schwerlich auf die Deutung der Querstränge als Gefässapparat gefallen. Den Medianstrang, d. h. den inneren Rand der Medianlinie, auf welchen die Querstränge sich vereinigen, hält Eberth für ein Gefäss. Auch zu dieser Deutung hat ihn nur die Kleinheit des Gegenstandes verführt.

Die Seitengefässe werden von ihm richtig beschrieben, den wahren Gefässporus hat er jedoch nicht erkannt. Derselbe liegt wie gewöhnlich in der Bauchlinie um die halbe Oesophaguslänge vom Kopfende entfernt. Es ist mir um so auffallender, dass Eberth denselben übersehen, da er Organe gefunden und als Gefässmündungen beschrieben hat, die in der That

1) Insofern ist auch der Ausdruck nicht richtig, welchen Leukart in seinem Referat über Eberth's Arbeit (Leukart, Bericht über die Leistungen in der Naturgeschichte der wirbellosen Thiere während des Jahres 1860, S. 251) gebraucht, dass nämlich Eberth den Muskelapparat genau so fand, wie ich ihn von den Cölomyariern beschrieben habe und dass nur die Deutung Eberth's eine andere sei.

viel schwieriger zu erkennen sind, nämlich die vier Papillen, die ich oben beim Nervensystem als Hals- und Schwanzpapillen bezeichnet habe. Sie sehen allerdings bei dieser Species verführerisch genug als Gefässmündungen aus. Die Deutung eines solchen Gebildes nach der Beobachtung einer Species ist immer unsicher. Da diese Papillen aber in allen Nematodengattungen mit einigen Ausnahmen, z. B. der *Mermis*, *Gordius*, *Trichocephalus*, *Trichosoma*, vorhanden sind, so hat man Gelegenheit, Modificationen derselben kennen zu lernen, die alle Gedanken an eine Gefässmündung ausschliessen.

In einem etwas späteren Aufsatze (Ueber die Muskeln und Seitenlinien des *Trichocephalus dispar*, Siebold's und Kölliker's Zeitschrift f. w. Zoologie, XI. S. 96) bespricht derselbe Autor die Bemerkungen, welche ich (II.) über die Muskelstructur von *Trichocephalus* gemacht hatte. Ich hatte damals anerkannt, dass man nach den vorliegenden Beobachtungen die Muskeln der *Trichocephalus* weder zu den Platymyariern noch zu den Cölomyarirern stellen könne. Es schien mir aber, dass selbst nach den genauen Untersuchungen von Eberth die Thatsachen noch nicht hinreichend bekannt wären. Ich selbst konnte dem durch Eberth gefundenen nichts Sicheres hinzufügen. Eberth hatte richtig beschrieben, dass die Muskeln zunächst aus parallelen Bändern bestehen, welche als eine continuirliche Schicht die Haut nach Innen bedecken. Auf dieser Schicht beschrieb Eberth ein Epithel. Eberth hat in dem eben citirten Aufsatze richtig bemerkt, dass dies Epithel ein durch äussere Einwirkung leicht veränderliches Gebilde ist. Ich habe seitdem diesen Gegenstand wiederholt untersucht, und es scheint mir, dass die Schicht, welche die Fibrillen bedeckt, noch viel veränderlicher ist als ich selbst und auch wahrscheinlich Eberth vermutheten.

Ich berichte zunächst meine Beobachtungen. In einem frischgeschlachteten Schafe in dem noch warmen Darme (Coecum) fand ich eine grössere Menge *Trichocephalus affinis*. Als ich dieselben unversehrt, nur durch ein Deckglas gequetscht, untersuchte, war das Thier so durchsichtig, dass man die In-

nenfläche der Leibeshaut deutlich erkennen konnte. Es sind dazu allerdings nur einige Stellen geeignet, nahe am Hinterende des Thieres, wo der Uterus nicht Alles verdeckt. Ich fand nun die Fibrillen von einer homogenen Schicht bedeckt, in der zahlreiche deutliche Kerne — röthliche Bläschen mit Nucleolus — zerstreut waren. Eine Eintheilung der Schicht durch Scheidewände in Zellen konnte ich nicht bemerken. Schnitt ich das Thier auf und breitete die Leibeshaut aus, so waren die Kerne, die ich vorher so deutlich gesehen, nicht mehr zu finden. Die homogene Substanz war verändert, indem sich darin eine Menge Vacuolen gebildet hatten. Ich benutzte als Flüssigkeit Speichel, Wasser, saures chromsaures Kali, welches letztere ich sonst zur Erhaltung der Formen zarter Substanzen bei Nematoden sehr zweckmässig befunden hatte. Wie zart diese Substanz ist, musste ich auch noch anderweitig erfahren. Es ist bekanntlich schwer, parasitische Nematoden ausserhalb des Darmes frisch zu erhalten; in Wasser platzen sie, in Milch faulen sie, ich habe immer noch am besten eine dünne Lösung chromsaures Kali gefunden. Als ich die Trichocephalen in dieser Flüssigkeit bis zum anderen Tag aufbewahrte, waren sie bereits so verändert, dass ich jene Kerne nicht mehr wahrnehmen konnte.

Die *Trichocephalus dispar*, die ich erhalten konnte, waren alle bereits 2 Tage alt, sie waren nicht durchsichtig genug. Auch an der aufgeschnittenen und aufgerollten Leibesfläche war es mir unmöglich, ein Epithel zu erkennen. Die auf den Muskeln liegende Schicht erschien mir so mit Vacuolen durchsetzt, dass es allerdings ein Epithel mit Kernen zu sein scheint. Nirgends aber vermochte ich Zellwände und Kerne deutlich zu erkennen. Da man sich *Trichocephalus dispar* schwerlich ganz frisch verschaffen kann, so empfiehlt sich *Trichocephalus affinis* zur Entscheidung dieser Frage. Bei dieser von mir nicht geahnten Veränderlichkeit muss ich auch die Beobachtungen, die ich früher über diese Substanz bei *Trichocephalus unguiculatus* mittheilte, nicht für zuverlässig erklären, da sie nur nach Spiritusexemplaren gemacht sind.

Soll ich nun meine Ansicht über die Muskeln von *Trichocephalus* aussprechen, so bestehen sie ebenfalls aus einer fibrillären, nach aussen liegenden Rindenschicht und einer nach innen liegenden Marksubstanz mit darin eingestreuten Kernen. Weder Rinden- noch Marksubstanz ist in einzelne Zellen eingetheilt. Denkt man sich also in einem Platymyarier, wie ich sie früher beschrieb, die einzelnen Zellen noch verschmolzen und auch die Querstränge nicht entwickelt, so hat man die Muskelschicht eines *Trichocephalus*.

Ich hatte (II. S. 234) früher gewarnt, den ausgedehnten der Leibeswand anliegenden Uterus mit einem Epithel zu verwechseln. Diese Warnung hat zu meinem Bedauern Eberth auf sich bezogen. Ich gestehe gern, dass ich diese Warnung lieber an einer anderen Stelle hätte einfügen sollen. Sie war gegen Meissner gerichtet. Meissner hatte irrthümlicher Weise die *Filaria dinensis* für einen *Gordius* erklärt und behauptet, dass eine Zellschicht die innere Fläche der Muskelschicht bedecke. Ich vermuthe nun, dass Meissner die ausgedehnte Uteruswand für diese Zellschicht gehalten.

Eberth hatte in seinem früheren Aufsatz bei *T. dispar* ein Seitenfeld nicht erwähnt. Jetzt glaubt er Seitenfelder, ja sogar neben den Hauptseitenfeldern secundäre Seitenfelder gefunden zu haben. Ich halte jedoch die erste Ansicht Eberth's für die richtigere. Ich vermochte bei *Trichocephalus affinis* und *dispar* Nichts zu finden.

Zu einem dritten Aufsatze: Untersuchungen über Nematoden (Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift, III. Band, 1862, S. 46) habe ich nur die Bemerkung zu machen, dass auch dieses Genus *Urolabes* (*Enoplus* Duj.) zu den Cölomyariern zu rechnen ist. Ich kenne diese Gattung aus längerer Beschäftigung und habe davon wiederholt Querschnitte gemacht. Eberth beschreibt die Muskeln ähnlich wie er sie bei *Heterakis* beschrieben hat. Es ist allerdings bei so kleinen Species die Muskelstructur schwerer zu erkennen, hat man sich aber an den grösseren Nematoden mit dem Unterschiede der Platy- und Cölomyarier vertraut gemacht, so ist es nicht schwer,

auch bei den kleinen zu wissen, welche Form des Muskelgewebes man vor sich hat.

Gehen wir zu einem dritten Autor über. G. Walter hat schon früher eine ausführliche Schilderung des Baues und der Physiologie von *Oxyuris ornata* gegeben. Alles was der Verfasser über das Gefäss- und Muskelsystem dieses Thieres aussagt, musste ich (II.) als falsch oder ungenau zurückweisen. Walter hat sich seitdem veranlasst gesehen, seine Untersuchungen wieder aufzunehmen. Das Resultat ist in dem Aufsatze niedergelegt: „Beiträge zur Anatomie der Nematoden" (Virchow's Archiv für patholog. Anatomie und Physiologie, Bd. XXIV. S. 166). Darin giebt der Verfasser zwar zu, dass seine früheren Ansichten unhaltbar sind, aber er behauptet, dass auch die meinigen falsch sind. Er stellt vielmehr eine dritte neue Ansicht auf.

Als Hauptargument gegen meine Ansicht von der Muskelstructur führt der Verfasser an (a. a. O. S. 176): „Einmal und vor Allem habe ich diese Verhältnisse trotz der sorgfältigsten Untersuchung nicht wiederfinden können." Ich berufe mich statt aller Erwiederung einfach auf die Untersuchung von Leydig, der die meinigen vollkommen bestätigt hat. Es war auch für Walter gar nicht möglich, diese Verhältnisse wiederzufinden, da sie nur auf Querschnitten erkannt werden können. Querschnitte rechnet aber Walter zu den künstlichen Mitteln und glaubt „auf die wiederholte und lang fortgesetzte Beobachtung lebender und sich langsam bewegender Thiere mehr Gewicht legen zu müssen als auf alle künstlichen Mittel und Reagentien." Mit dieser Ansicht dürfte Walter wohl ziemlich isolirt stehen, man pflegt gewöhnlich Beides zu thun, nämlich lebende Thiere zu beobachten und solche, die mit künstlichen Mitteln behandelt sind und dass ich dies ebenfalls gethan, kann man aus den Untersuchungen, die ich bisher veröffentlicht, wohl ersehen.

Walter's eigene Ansicht über die Muskelstructur ist völlig unklar. Obgleich er sowohl Cölomyarier (*Ascaris lumbricoides*) als Platymyarier (*A. acuminata, Strongylus auricularis*, etc.)

beobachtet hat, scheint er den Unterschied derselben nicht bemerkt zu haben und doch ist derselbe bei einigermaassen aufmerksamer Beobachtung so gross, dass es dazu nicht einmal der Querschnitte bedarf. In Betreff der Querfasern stellt er im Ganzen die Ansicht Eberth's auf. Sie sind nach ihm Theile eines Gefässsystems, welches mit angeblichen Längsgefässen der Medianlinien zusammenhänge. Die Mediangefässe wiederum sollen sich mit den Seitengefässen vereinigen und in dem gemeinschaftlichen Bauchporus nach Aussen münden. Ich habe oben erwähnt, dass Eberth's Ansicht sich auf die Beobachtung eines kleineren Nematoden gründet, wo die Querfasern und Medianlinien so zart sind, dass man wohl auf seine Ansicht kommen kann. Allein bei *Ascaris lumbricoides*, welche Walter beobachtete, kann ich diese Entschuldigung nicht gelten lassen, hier ist eine solche Ansicht bloss möglich wenn man es gänzlich vernachlässigt, Querschnitte zu machen. Auf Taf. III. Fig. 4 giebt Walter eine Abbildung, welche die Anastomose der Bauch- und Seitengefässe von *Ascaris lumbricoides* darstellen soll. Ich ersuche Jeden, dem eine *A. lumbricoides* zu Gebote steht, Walter's Abbildung mit der Natur zu vergleichen. Sicher wird er sich dann fragen, was die Figur darstellen und was sie beweisen soll.

In einigen Punkten erkennt Walter an, dass ich Recht habe. Er erkennt an z. B., dass bei *O. ornata* die Muskelschicht aus rhomboidalen Feldchen besteht. Leider begeht er aber sogleich den Fehler, dass er behauptet, innerhalb jedes Feldchens lägen mehrere Kerne. Nun ist es aber unzweifelhaft zu constatiren, dass ein einziger und zwar sehr deutlicher Kern ungefähr in der Mitte jedes Feldchens liegt. Mit dieser Erkenntniss fällt auch die angebliche Entwickelungsgeschichte der Muskeln von *O. ornata* zusammen, welche uns Walter am Schlusse seiner Abhandlung giebt. Die Muskelfeldchen der *O. ornata* sollen nämlich entstehen durch Verschmelzung mehrerer membranloser Zellen, von welchen dann die Kerne mit anhängendem Protoplasma übrig bleiben. In dem ausgebildeten Muskelfeldchen ist nur ein Kern vorhanden,

es ist also kein Grund vorhanden, eine Verschmelzung anzunehmen. Ich weiss überhaupt nicht, auf welchem Wege Walter im entferntesten zur Kenntniss der Entwickelung der Muskeln gekommen ist. Denn sind die Embryonen im Uterus, so sind sie so klein, dass es für unsere Mikroskope und bisherige Beobachtungsweise unmöglich ist über ihre Histologie etwas zu wissen. Nun verliert man die Embryonen aus dem Auge, es ist wahrscheinlich, dass sie eine Wanderung antreten. Diese Wanderung hat man nicht verfolgt. Sobald man sie wieder im Darmkanal findet, besitzen sie bereits die Anlagen der Geschlechtswerkzeuge und die Muskeln sind so ausgebildet, dass man keinen Unterschied von den Muskeln der erwachsenen Thiere wahrnehmen kann. Sollte die Entwickelungsgeschichte der Muskeln glaubwürdig sein, so hätte uns Walter vorher eine glaubwürdige allgemeine Entwickelungsgeschichte von *O. ornata* geben müssen.

Mittheilungen aus dem Laboratorium der Universitätsklinik,

unter Leitung des Herrn Prof. Dr. Frerichs.

Von

Dr. O. Schultzen.

I.

Ueber das Auftreten von Gerbstoffen im Harn nach Genuss von Galläpfel-Gerbsäure.

Um die von Frerichs schon lange nachgewiesene Thatsache (Liebig's Annalen Bd. 65), dass die Gerbsäure im Harn als Gallussäure und Pyrogallussäure erscheint, auch für den

menschlichen Organismus und bei Darreichung kleinerer Quantitäten zu prüfen, wurde folgender Versuch angestellt.

Des Abends, kurz vor dem Schlafengehen, nachdem der Urin entleert war, nahm ich 1 Grm. Tannin, in etwas Fleischwurst gehüllt, in einer Dosis. Das Befinden war nicht beträchtlich gestört, nur machte sich fast den ganzen folgenden Tag über in der Magengegend ein geringes Gefühl von Fülle und Druck bemerkbar.

Es wurde nur der Morgenharn gesammelt. Derselbe betrug 400 Cc., war von deutlich saurer Reaction, dunkelgelb gefärbt und zeigte ein spec. Gewicht von 1,019.

Eine Probe davon wurde möglichst genau neutralisirt und mit einem Tropfen Eisenchloridlösung versetzt. Es entstand ein bräunlich flockiger Niederschlag, welcher nichts Charakteristisches bot und dem Anscheine nach aus $Fe_2O_3.PO_5+4HO$ bestand.

Der übrige Harn wurde auf dem Wasserbade zum Syrup verdunstet, mit Sp. vini extrahirt, das alkoholische Extract eingedampft, mit reichlich HCl versetzt und in einem Cylinder tüchtig mit Aether geschüttelt. Die klare fast farblose ätherische Lösung wurde mittelst einer Pipette abgehoben und der Aether aus einem Kölbchen abdestillirt. Das hinterbleibende bräunlich ölige Liquidum wurde mit Wasser aufgenommen, erwärmt und heiss filtrirt. Auf dem Filter blieb eine braune, schmierige Masse in geringer Menge zurück, welche nicht weiter berücksichtigt wurde. Das schwach gelblich gefärbte Filtrat wurde auf ein geringes Volum eingeengt und zur Krystallisation hingestellt. Ueber Nacht hatte sich eine ziemlich beträchtliche Menge grosser, schwach gefärbter Hippursäurekrystalle ausgeschieden, welche auf einem Filter gesammelt und mit wenig Wasser gewaschen wurden. Von der durchgegangenen Mutterlauge wurden einige Tropfen in ein kleines Probirgläschen gethan, mit noch etwas Säure verdünnt und, da die Lösung stark sauer reagirte, mit ammoniakhaltigem Wasser möglichst genau neutralisirt. Eine geringe Spur Fe_2Cl_3 erzeugte in dieser Lösung eine schwärzlich-violette Farbe und bei längerem

Stehen schied sich ein geringes dunkles Sediment aus, über welchem die Flüssigkeit rein violett gefärbt erschien.

Auf Grund dieses Verhaltens konnte man wohl die subjective Ueberzeugung gewinnen, dass ein Körper aus der Gerbsäuregruppe in den Harn übergegangen sei, jedoch genügte dieses Resultat noch nicht, um diese Thatsache mit objectiver Gewissheit hinstellen zu können, und namentlich giebt dasselbe keinen Aufschluss über die Identität des übergegangenen Körpers mit einem Bestimmten der Gerbsäuregruppe. Im ätherischen Extract des Harns kommen fast immer Körper vor, welche mehr oder weniger leicht mit den verschiedensten Reagentien Färbungen geben; auch hat Staedeler die Anwesenheit von Phenylverbindungen im thierischen Harn nachgewiesen, welche gerade gegen Eisenchlorid ein der verdünnten Gerbsäure so ähnliches Verhalten zeigen. Es mussten deshalb noch weitere Versuche gemacht werden, um womöglich charakteristische Krystallformen zu erhalten.

Zu diesem Zwecke wurde die Mutterlauge noch weiter eingeengt und Tage lang über SO_3 stehen gelassen. Es schieden sich noch einige Hippursäurekrystalle aus, welche wieder durch Filtration entfernt wurden. Das Filtrat wurde darauf mit Wasser verdünnt und mit ein paar Tropfen Glutinlösung versetzt. Es entstand ein ziemlich reichlicher Niederschlag, welcher auf einem Filter gesammelt und gut gewaschen wurde. Das Filtrat wurde zu einem farblosen gelatinösen Syrup eingedampft und über SO_3 hingestellt. Nach einigen Tagen fanden sich darin weisse, glänzende, mikroskopische Nadeln, welche der Form nach mit denen der reinen Gallussäure identisch waren. Der Syrup, welcher diese Nadeln enthielt, wurde mit erwärmtem Sp. vini gut digerirt und filtrirt. Aus dem Filtrat schieden sich bei der freiwilligen Verdunstung über SO_3 obige Nadeln ziemlich rein aus. Von denselben wurde eine kleine Menge auf ein Objectglas gebracht, mit einem Tropfen Wasser benetzt und mit einem Deckgläschen bedeckt. Die Krystalle veränderten sich unter Einwirkung des Wassers nicht; brachte man aber einen Tropfen verdünnter Eisenchloridlösung auf das Objectglas neben das Deckplättchen und betrachtete das Zu-

fliessen unter dem Mikroskope, so sah man, wie bei der Berührung des Reagens mit den Krystallen zuerst am Rande derselben eine tiefblaue Färbung entstand, welche sich allmählig über den ganzen Krystall fortsetzte, so dass statt desselben zuletzt nur noch ein dunkelblauer Fleck übrig blieb, welcher bei Druck auf das Deckglas sich als feinkörnige Masse in der Flüssigkeit vertheilte.

Der Leimniederschlag zeigte, mit Eisenchlorid befeuchtet, eine deutlich violette Färbung; ob dieselbe aber von daran haftender, nach dem Auswaschen noch zurückgebliebener Gallussäure herrührte oder durch den gerb- oder pyrogallussauren Leim erzeugt wurde, war nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

Aus den angeführten Thatsachen geht hervor:

1) dass nach Genuss von Gerbsäure ohne Frage Gerbstoffe im Harn erscheinen;
2) dass einer dieser Körper ohne Zweifel Gallussäure ist; es sprach dafür die Krystallform, die Unfällbarkeit durch Leim und die Reaction unter dem Mikroskop;
3) dass wahrscheinlich auch noch Pyrogallussäure in den Harn übergeht; man kann darauf schliessen aus dem nicht unbeträchtlichen Niederschlag durch Glutinlösung und aus der, freilich Zweifel zulassenden Reaction gegen Eisenchlorid. Dass der Leimniederschlag nicht durch unveränderte Gerbsäure bedingt wurde, kann wohl sicher angenommen werden, wenn man die leichte Zersetzbarkeit derselben in alkalischen Lösungen bedenkt.

Die erhaltenen Mengen waren überall zu gering, um weitere Versuche zu gestatten. Dass die Menge der im Harn erschienenen Gerbsäure im Verhältniss zur genommenen Dosis so gering war, darf nicht Wunder nehmen, da wir durch die Versuche Frerichs' an Hunden (Liebig's Annalen Bd. 65) wissen, dass die Gerbsäure den Organismus nur langsam passirt, indem noch Tage lang, nachdem mit dem Einführen von Tannin aufgehört war, ein tintenschwarzer, an Gerbstoffen sehr reicher Harn entleert wurde.

II.

Auftreten von Inosit im Harne.

Im Königl. Charité-Krankenhause auf der Abtheilung des Herrn Geheimraths Frerichs befand sich ein Kranker mit allen Erscheinungen eines Gehirntumors. Der Harn wurde mehrere Male mit negativem Erfolge auf Traubenzucker untersucht. Zwar wurde CuO in Lösung erhalten, aber beim Erwärmen nicht reducirt. Der Kranke starb ganz plötzlich und die Obduction ergab ein Carcinom über dem vierten Ventrikel. In der Blase fanden sich etwa 200 Cc. trüben, bernsteingelben, sauren Urins von 1,012 spec. Gewicht. Derselbe wurde filtrirt. Eine Probe davon in einem Reagensglase mit etwas $CuOSO_3$ und KO im Ueberschuss versetzt, gab eine klare blaue Lösung, aber beim Erwärmen keine Reduction des CuO.

Der Harn wird eingedampft, mit concentrirtem Sp. vini aufgenommen und mit einer alkoholischen KO lösung versetzt, um etwa vorhandenen Zucker als Zuckerkali auszufällen. Es entsteht eine starke Trübung und die Flüssigkeit wird mehrere Tage bis zur vollständigen Klärung stehen gelassen, dann decantirt und der Bodensatz weiter untersucht. Es finden sich in demselben farblose, spröde, vierseitige Tafeln bildende Krystalle organischer Natur, welche keinen N enthalten.

Der ganze Niederschlag wurde in wenig Wasser gelöst und eine Probe davon auf Zucker geprüft. Eine Reduction des CuO konnte auch hier nicht erhalten werden.

Dieses Verhalten, sowie die Form der erhaltenen Krystalle liessen auf die Gegenwart von Inosit schliessen. Um denselben nachzuweisen, wurde die wässerige Lösung des Niederschlages mit dem abgegossenen Alkoholextract zusammengethan und abermals zum Syrup verdunstet; die wässerige Lösung desselben zuerst mit PbO Ac. und dann mit 3 PbO Ac. gefällt, erwärmt, der letzte Niederschlag gesammelt und mit HS zerlegt. Das Filtrat des PbS wurde auf ein möglichst kleines Volum eingedampft und in einem Reagensglase mit dem 3fachen Volum absoluten Alkohols versetzt. Nach mehreren Tagen haben sich auf dem Boden des Glases Krystalle ausgeschieden, welche aus wasser-

hellen vierseitigen Tafeln bestehen und zu kleineren und grösseren Drusen vereinigt sind. Einige dieser Krystalle mit etwas NO_5 zur Trockne verdampft, mit AmO und CaCl befeuchtet, verdunstet und etwas erwärmt, geben eine lebhaft rosenrothe Färbung. Der Geschmack ist vorübergehend aber deutlich süss. Mit 3 PbO Ac geben dieselben eine gelatinöse Trübung und beim Erwärmen einen zu Boden fallenden Niederschlag. Die wässerige Lösung erhält CuO in Lösung, reducirt dasselbe aber nicht. N ist nicht nachzuweisen. An der Identität dieses Körpers mit Inosit ist daher nicht zu zweifeln. Zu einer Elementaranalyse reichte das vorhandene Material nicht aus.

Bei einem anderen Kranken, der ein grosses Sarkom an der Basis cerebri hatte, welches den vierten Ventrikel von unten her comprimirte, konnte ebenfalls Inosit in kleinen Mengen nachgewiesen werden.

Ob in diesen beiden Fällen das Auftreten des Inosit im Harne mit der Hirnreizung in der Nähe des Piqûrepunkts im Causalnexus steht, oder von anderen Verhältnissen abgeleitet werden muss, bleibt einstweilen dahingestellt. Weitere Beobachtungen werden darüber Aufklärung geben.

Ansehnliche Mengen von Inosit hat W. Dönitz im hiesigen Laboratorium aus dem Harn eines Cholera-Reconvalescenten dargestellt.

Dr. B. Naunyn fand diesen Körper in reichlicher Quantität in Echinococcusflüssigkeit.

Es scheint nach diesen Beobachtungen, womit auch der Fall von Vohl übereinstimmt, welcher bemerkte, dass in einem diabetischen Harn allmählig Inosit an die Stelle des Traubenzuckers trat, dass zuweilen Traubenzucker durch Inosit vertreten werden kann.

Welche Bedingungen vorhanden sein müssen, um diesen Vorgang einzuleiten, ist vorläufig nicht zu entscheiden, da auf künstlichem Wege es bis jetzt nicht gelungen ist, die beiden verwandten Körper in einander überzuführen, mithin alle Anhaltspunkte fehlen, auf welche eine befriedigende Theorie fussen könnte.

III.

Beitrag zur Lehre vom Stoffwandel bei Inanition.

Die Beobachtungen wurden angestellt bei einem Mädchen von 19 Jahren, welche in Folge einer Strictur und endlichen Verschliessung des Oesophagus nach Schwefelsäure-Genuss, an Inanition zu Grunde ging.

Sie wurde etwa 3 Monat nach der Vergiftung in die Charité aufgenommen und klagte über bedeutende Schlingbeschwerden. Beim Einführen der Sonde konnten drei Stricturen constatirt werden, von denen die eine in der Nähe des Schlundkopfes, die eine mehr in der Mitte und die dritte dicht über der Cardia sassen.

Die Kranke konnte nur Flüssiges geniessen und war bei ihrer Aufnahme am Körper schon sehr abgemagert; nur das Gesicht war voll und blühend.

Von Zeit zu Zeit wurde durch spastische Contractionen des Oesophagus die Einnahme von Speisen auf Stunden, ja selbst auf Tage unmöglich. Subcutane Morphiuminjectionen erwiesen sich hier meist hülfreich.

Versuche, mit passenden, gradatim dicker werdenden Sonden die Stricturen zu dilatiren, waren nicht von Erfolg gekrönt, obwohl die Kranke mit grosser Geduld die beschwerlichen Manipulationen mit sich vornehmen liess.

Nach zweimonatlichem Aufenthalte verliess die Kranke die Anstalt, um zwei Monate darauf wiederzukehren. Die Abmagerung war noch weiter vorgeschritten, nur das Gesicht und die Brüste zeigten keine merkbare Veränderung.

Das subjective Befinden war trotz der geringen Nahrungszufuhr vollkommen gut; die Kranke hatte fast nie das Gefühl des Hungers und war stets heiteren Humors; nur über Mattigkeit und Schwäche klagte sie zuweilen.

Die Stricturen hatten sich noch mehr verengt und liessen kaum die feinste Sonde eindringen; die vollständige Verschliessung durch Spasmus war häufig und lange andauernd. Der bleibende organische Verschluss durch Verwachsung der Oeso-

phagealschleimhaut erfolgte erst zwei Monate nach der zweiten Aufnahme und 16 Tage vor dem Tode.

Um dem Organismus assimilirbare Stoffe zuzuführen, wurde wiederholt eine künstliche Verdauungsflüssigkeit per anum beigebracht, nachdem trotz wiederholter Injectionen eine Wegbarkeit des Oesophagus nicht erreicht war.

Die Flüssigkeit war so hergestellt, dass zu einer Mischung von Bouillon mit Ei 5 Gran Pepsin nebst einigen Tropfen Salzsäure und etwas Milchsäure gesetzt wurden, worauf dieselbe in der Sonnenwärme einige Stunden sich selbst überlassen blieb, bis das Eiweiss verdaut war.

Die Clysmata wurden fünf Mal des Tages applicirt.

Nachdem der vollständige Verschluss bereits vier Tage gedauert hatte, stellte sich bei der Kranken grosser Durst und Verlangen nach säuerlichem, kalten Getränk, schmerzhaftes Gefühl im linken Epigastrium nebst sehr beschwerlicher Dyspnoe ein; dagegen fühlte sie gar keinen Hunger.

Um diese Beschwerden zu mildern, wurden wieder subcutane Morphiuminjectionen versucht, und als diese fruchtlos blieben, das Atropinum sulphuricum in derselben Weise angewandt. Letzteres Mittel brachte Erleichterung, bewirkte jedoch nach mehrmaliger Application ziemlich bedeutende Dilatation der Pupillen und starke Injectionsröthe der Conjunctiven, so dass wieder Morphium supponirt werden musste.

Die Prostatio virium nahm bei vollkommener Euphorie immer mehr zu. Acht Tage nach dem vollständigen Verschluss des Oesophagus beginnt die Temperatur allmählig zu sinken und fällt bis auf 35,7; die Kranke wird schlafsüchtig, delirirt und singt im Schlaf.

Der Urin, dessen 24stündige Quantität 400—500 Cc. betrug, wird unwillkürlich entleert und muss, um für die Untersuchung gewonnen zu werden, mit dem Katheter entleert werden.

Am letzten Tage vor dem Tode nahmen die Delirien einen heftigeren Charakter an; die Kranke warf sich hin und her, wollte aufstehen und sang viel.

Die Scleroticae waren beiderseits bis zur Cornea stark geröthet; beide Augen thränten; die Clysmata gingen gleich nach der Application wieder ab.

Die Haut fühlte sich eisig kalt an und war unbedeutend feucht; der Puls, welcher in den vorhergehenden Tagen bis auf 140 in der Minute gestiegen war, bestand nur aus kaum wahrnehmbaren Vibrationen.

Die Lebensäusserungen nahmen ganz allmählig ab, und die Patientin starb 16 Tage nachdem die Zufuhr von Nahrung zum Magen aufgehört hatte.

Sectionsbefund.

(Die Section war 42 Stunden nach dem Tode von Herrn Dr. v. Recklinghausen ausgeführt.)

Die Fäulniss war auffallend schnell vorgeschritten.

Im Gehirn waren wesentliche Anomalien nicht zu entdecken, nur waren in der weissen Substanz die venösen Gefässe ziemlich stark gefüllt.

Der ganze Körper ist skeletartig abgemagert; nur die Brüste sind prall und wohlentwickelt.

Die grünlichen Bauchdecken sind eingezogen, das Colon transversum stark herabgezogen; der Dünndarm liegt fast ganz im kleinen Becken; Flüssigkeit ist in der Bauchhöhle nicht vorhanden; der Pylorus liegt bloss unterhalb des linken Leberlappens.

Die Pleurasäcke und der Herzbeutel sind fast ganz ohne Flüssigkeit.

Die Lungen sind beiderseits auffallend pigmentlos, an den unteren Theilen etwas derb, linkerseits auf der Schnittfläche broncho-pneumonische Hepatisationen. Die Bronchien sind stark dilatirt und mit einem grauen zähen Secret bedeckt; in den unteren Aesten graue Flüssigkeit mit grau-röthlichen Fetzen.

Das Herz ist merkwürdig klein, ganz fettlos, sonst normal.

Die Leber ist ausserordentlich klein, auf der Schnittfläche glatt, von bräunlicher Farbe.

Die Milz ist klein, blass, die Follikel kaum wahrnehmbar.

Die Nieren sind ziemlich klein, blutreich; Trübungen sind nicht zu bemerken.

Der Oesophagus. In der Höhe des Ringknorpels ist das Lumen durch einen quer übergehenden membranartigen Narbenstrang vollständig verschlossen, unterhalb fehlt an einigen Stellen die Schleimhaut vollständig und ist durch gallertartiges, narbiges Gewebe ersetzt; an einigen Stellen Ulcerationen und Erweiterung des Lumens.

Der Magen ist stark zusammengezogen; im Fundus ist etwas Flüssigkeit. Die Schleimhaut ist am Pylorus stark geröthet, an den übrigen Theilen bräunlich gefärbt, in der ganzen Ausdehnung stark gewulstet.

Der Dickdarm ist auffallend enge, fast leer und auf der Schleimhaut stellenweise geröthet, besonders im Colon descendens. Im Rectum befinden sich blassgraue, sehr fötide riechende Massen; die Schleimhaut ist grauroth injicirt, an der vorderen Wand mehrfach leicht erodirt.

Der Panniculus ist am Stamm fast vollständig geschwunden; an den Extremitäten findet sich aber noch ein dunkles gelbes Fett.

Mikroskopischer Befund.

Niere. Im Hilus und besonders zwischen den Pyramiden liegt eine nicht unbeträchtliche Menge von Fett. Die Corticalsubstanz ist bräunlich gelb gefärbt; die Glomeruli sind klein und vereinzelt. Das Gewebe erscheint unter dem Mikroskop auch ohne Behandlung mit Reagentien auffallend durchsichtig. Die Epithelien der Harnkanälchen sind meist normal, einzelne granulirt. Die Interstitien sind breit; um die Glomeruli ist das Bindegewebe vermehrt. Neben freien Epithelzellen sieht man viel Fibrincylinder.

Leber. Die Acini sind undeutlich, die Zellen sehr klein, theils wohlerhalten, theils mit fein vertheiltem Fett gefüllt; daneben sieht man viele freie Körner und Fetttropfen.

Muskeln braunroth, trocken; die Querstreifung selbst

nach Behandlung mit Reagentien nur sehr undeutlich. Zwischen den Fibrillen liegen grosse Fetttropfen und kleinere Körnchen.

Chemischer Befund.

Der Harn. Die Quantität, welche einer genaueren Untersuchung unterzogen wurde, war zwei Tage vor dem Tode entleert. Die Menge betrug 330 Cc.; die Farbe war dunkel rothbraun, das specifische Gewicht 1,020, die Reaction stark sauer. Anfangs bemerkt man eine leichte flockige Trübung; nach einigem Stehen hat sich auf dem Boden ein geringes Sediment abgesetzt, in welchem man unter dem Mikroskope blasse und körnig zerfallene, meist mit wohlerhaltenen Epithelien bedeckte Cylinder erkennt. In der Siedehitze fällt etwas Albumin nieder.

Bei der Analyse wurden berücksichtigt: Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin, Chlor, Phosphorsäure, Kalk.

I. Der Harnstoff wurde nach Liebig's Methode mit salpetersaurem Quecksilberoxyd titrirt und betrug ohne Correction für Kochsalz genau 2%, also für die Gesammtquantität von 22 Stunden = 6,6 Grm.

II. Hippursäure. Das weingeistige Extract aus 140 Cc. des Harns wurde nach dem Abdunsten des Weingeistes mit Salzsäure versetzt und mit Aether geschüttelt. Durch Abdestilliren des Aethers und Umkrystallisiren des Rückstandes wurden 0,5 Grm. reiner Hippursäure erhalten. Die wirklich vorhandene Menge war jedenfalls bedeutender, da wegen der Unvollkommenheit der Methode Verluste nicht zu vermeiden waren. Krystallform, Löslichkeitsverhältnisse, Blausäuregeruch bei der Verbrennung im Glasrohr bestätigten dieselben.

III. Harnsäure. Der in Weingeist unlösliche Theil des zur Hippursäurebestimmung benutzten Harns wurde in kochendem Wasser gelöst und die Lösung zuerst mit neutralem, dann mit basisch essigsaurem Blei gefällt. Der letztere Niederschlag wird gesammelt, durch Schwefelwasserstoff zerlegt und heiss filtrirt, das Filtrat auf dem Wasserbade stark con-

centrirt und dann längere Zeit zur Krystallisation stehen gelassen. Die ausgeschiedenen Krystalle wurden gewogen und es berechnete sich daraus für die Gesammtquantität von 24 Stunden 0,066 Grm. Harnsäure. Die Murexidreaction bestätigte dieselbe.

IV. Kreatin. Dasselbe wurde aus dem in Aether unlöslichen Theil der zur Hippursäureanalyse bestimmten Quantität gewonnen, indem die wässerige Lösung mit neutralem und basisch essigsaurem Blei ausgefällt und das von Blei befreite Filtrat eingedunstet wird. Zur Entfernung des Harnstoffs wird es mit Oxalsäure versetzt, vom Rückstande abfiltrirt, das Filtrat mittelst kohlensauren Kalks von überschüssiger Oxalsäure befreit und nach hinreichender Concentration zur Krystallisation stehen gelassen.

Nach einigen Tagen schoss eine bedeutende Menge von gelblichen Krystallen an, welche der Form nach für Kreatin genommen werden mussten. Wurden dieselben längere Zeit mit Salzsäure erwärmt, dann mit etwas essigsaurem Natron und Chlorzink versetzt, so wurden sehr charakteristische Drusen von Kreatinin-Chlorzink erhalten.

V. Chlor konnte nicht nachgewiesen werden. Bei Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd zu dem von Albumin befreiten mit Salpetersäure angesäuerten Harn wurde nur eine geringe opalisirende Trübung erhalten.

VI. Phosphorsäure wurde aus der Harnasche als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Es berechneten sich auf 24 Stunden = 1,485 Grm. Phosphorsäure.

Die Harnasche reagirte stark sauer.

VII. Kalk und Magnesia fanden sich nur in unwägbar kleinen Quantitäten.

Eine zweite Portion Harn, welche etwa 6 Stunden vor dem Tode mit dem Katheter entleert war, betrug 128 Cc., zeigte eine braungelbe Farbe, ein specifisches Gewicht von 1,022, eine stark saure Reaction und lässt nach einigem Stehen ein flockiges Sediment fallen, welches dieselben Formbe-

standtheile wie die erste Portion zeigt; auch lässt sich etwa Eiweiss nachweisen.

Die Analyse ergab:

I. Harnstoff = 2,9 Grm.

II. Chlor nicht nachweisbar.

III. Phosphorsäure = 0,704 Grm.

Zu einer weiteren Analyse reichte das Material nicht aus.

Das Muskelfleisch. Der sehr trockene braunrothe Muskel (Quadriceps femoris) reagirt auf dem Durchschnitt schwach aber deutlich alkalisch. Derselbe wurde möglichst fein geschabt, zuerst mit kaltem, dann mit warmem Wasser extrahirt; die verschiedenen Extracte werden zusammengethan und verdunstet.

Der Rückstand wird mit starkem Weingeist aufgenommen, filtrirt und das Filtrat zur Syrupsconsistenz eingeengt. Schon bei ziemlich geringer Concentration scheidet sich auf der Oberfläche eine braune Haut ab, welche aus grossen, wohlausgebildeten Leucinkugeln besteht. Auf dem Objectglase scheiden sich beim Stehen daneben wasserhelle, wetzsteinförmige Krystalle in grosser Menge aus, welche im ganzen Habitus denen des Kreatinin sehr ähnlich sind. Formen des Kreatins werden nicht wahrgenommen.

Der nach dem Abdunsten des Weingeistes zurückgebliebene bräunliche Syrup wurde mit Wasser aufgenommen und mit neutralem und basisch essigsaurem Blei gefällt. Der letzte Niederschlag wird gesammelt, in Wasser suspendirt, mittelst Schwefelwasserstoff zerlegt und nach der Filtration verdunstet. Es scheiden sich an der Oberfläche einige Harnsäurekrystalle aus, welche durch die Murexidreaction bestätigt werden.

Die von der Harnsäure abfiltrirte Flüssigkeit wird etwas concentrirt und in einem Reagensglase mit absolutem Weingeist versetzt; Krystalle von Inosit werden nicht wahrgenommen.

Das Filtrat des Bleiniederschlages wird durch Schwefel-

wasserstoff von Blei befreit, filtrirt und eingedampft. Aus dem hellgelben Syrup scheiden sich nach einigem Stehen auf der Oberfläche ganz reine farblose Leucinkugeln aus und daneben die früher beobachteten kreatininähnlichen Krystalle. Durch gelindes Erwärmen wird Alles wieder in Lösung gebracht und darauf mit Chlorzink versetzt. Nach 24 Stunden waren durch den ganzen Syrup die charakteristischen Drusen des Kreatinin-Chlorzink angeschossen.

Durch starken Weingeist wurde der Syrup von den Krystallen getrennt. Auf Zusatz von Aether scheidet sich aus der weingeistigen Lösung ein gelblicher Syrup ab, in welchem einige freie Kreatininkrystalle umherschwimmen; dieselben werden ebenfalls durch die Chlorzinkverbindung bestätigt; bei weiterem Zusatz von Aether scheidet sich das Leucin in weissen Massen aus, welche theils aus Kugeln, theils aus büschelförmigen, sehr charakteristischen Drusen bestehen.

Bei weiterer Behandlung der übrig bleibenden Materien konnte Harnstoff nicht erhalten werden.

Zur Erleichterung der Uebersicht stelle ich die Resultate der chemischen Untersuchung tabellarisch zusammen.

Harn.

I. Portion	II. Portion
in 24 Stunden.	
Menge 330 Cc.	128 Cc.
Spec. Gewicht 1,020.	1,022.
Eiweiss vorhanden.	vorhanden.
Harnstoff 6,6 Grm.	2,9 Grm.
Chlor nicht vorhanden.	nicht nachweisbar.
Phosphorsäure 1,485 Grm.	0,704 Grm.
Hippursäure 1,16 Grm.	—
Harnsäure 0,066 Grm.	—
Kreatin ziemlich reichlich.	—

Muskel.

Leucin.
Harnsäure in geringer Quantität.
Kreatinin reichlich.
Kreatin nicht nachweisbar.

Die Beobachtung ist in diesem Falle eine ganz reine, indem kein einziges der vorhandenen Symptome auf eine nebenhergehende Allgemeinerkrankung bezogen werden kann; das Ernährungshinderniss war ein rein mechanisches.

Sechszehn Tage lang war keine Spur von Nahrung in den Magen eingeführt worden, nachdem dieselbe schon Wochen lang vorher auf ein Minimum beschränkt gewesen war. So lange hatte also der Organismus auf eigene Kosten gelebt; denn dass vom Dickdarm aus von der eingebrachten Nahrungsflüssigkeit so gut wie Nichts resorbirt war, dürfte wohl dadurch erwiesen sein, dass trotz der Chlorzufuhr keine Spur dieses Körpers im Harn nachzuweisen war.

Auffallend war der Reichthum des Harns an Hippursäure; es wurden in 24 Stunden 1,16 Grm. entleert, während ich im normalen Harn nach derselben Methode im Durchschnitt nur 0,5 Grm. gefunden habe. Die Norm war hier um das Doppelte überschritten, während der Harnstoff fast um das Fünffache vermindert war.

Durch diese Thatsache wird jedenfalls ein neuer Beweis für die Behauptung von Hallwachs erbracht, dass die Hippursäure in die Reihe der Producte der regressiven Stoffmetamorphose gehört und auch unabhängig von der Nahrung aus den sich zersetzenden Geweben des Körpers entsteht, da in diesem concreten Falle bei dem langen Nahrungsmangel sämmtliche Auswurfstoffe als Producte des Organumsatzes aufgefasst werden müssen.

Sehr merkwürdig war das Fehlen des Kreatins im Muskelfleische und die auffallend reichliche Menge des Kreatinins. Hier liegt der Gedanke sehr nahe, die alkalische Reaction des

Muskels dem Kreatinin zuzuschreiben, welches ja in Lösungen stark alkalische Reaction zeigt.

Für das Fehlen des Kreatins kann der bedeutende Wasserverlust, welchen die Gewebe unter der mangelnden Zufuhr dieses Körpers erlitten, die Ursache sein. Das Kreatin unterscheidet sich vom Kreatinin nur durch ein Minus von 2 HO; künstlich lässt sich die Umwandlung durch Erwärmen mit Schwefelsäure herstellen und im Organismus geht dieselbe auch vor sich, da im Harn nur Kreatinin erscheint (Neubauer; Heintz).

Das Leucin des Muskelgewebes kann möglicherweise als Fäulnissproduct gedeutet werden; jedoch war die Menge auffallend gross und der Muskel war noch vollkommen geruchlos.

Die übrigen Beobachtungen, wie: das Auftreten des Harnstoffs im Harn bis zum Tode, der reichliche Gehalt desselben an Phosphorsäure, das Fehlen des Chlors stimmen mit den Beobachtungen, welche an verhungernden Thieren vielfach gemacht worden sind, überein.

Ueber den Netzknorpel des Ohrs.

Von

Dr. H. Rabl-Rückhard.

(Hierzu Tafel III. A., Fig. 1—3.)

Vorliegende Abhandlung enthält die Ergebnisse meiner Untersuchungen über den sogenannten gelben, elastischen, oder spongiösen oder Netzknorpel, den Reichert wohl passender mit dem Namen des elastischen hyalinen Knorpelgewebes belegt hat.

Die Untersuchungen beziehen sich namentlich auf die Entstehung der elastischen Fasern und das Vorkommen der in jüngster Zeit oft beschriebenen sogenannten Kapseln der Knorpelkörperchen.

Was die Entstehung der elastischen Fasern betrifft, so sind bekanntlich, ähnlich wie dies beim elastischen Gewebe, namentlich des Ligamentum nuchae geschehen, zwei Angaben darüber gemacht worden: nach der älteren Ansicht, welcher namentlich Donders[1]) beigestimmt hat, sollten jene Fasern aus verzweigten, verdickten, verwachsenen, ihres Inhalts beraubten Zellmembranen hervorgehen. Henle dagegen und Reichert, letzterer gestützt auf seine Untersuchungen über den Netzknorpel des Ohrs und über das Ligamentum nuchae, leugnen diese Entstehungsart, und lassen die Fasern durch eine locale Umwandlung der Grundsubstanz des Bindegewebes, und somit auch des hyalinen Knorpels, sich bilden. — Erstere

1) Form, Mischung, Function der elementaren Gewebstheile im Zusammenhang mit ihrer Genese. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Th. III, S. 348, Th. IV, S. 242.

Auffassung entbehrt jeder thatsächlichen Begründung, und verdankt ihr Entstehen wohl nur einer Uebertragung der Ansichten, welche damals in Betreff der Bildung der neuerdings in ihrer Existenz bezweifelten Kern- oder Spiralfasern herrschten, auf das elastische Gewebe der übrigen Bindesubstanzen. — Anders verhält es sich mit der zweiten Entstehungsart, deren Richtigkeit wohl nicht mehr in Frage gestellt wird. Dennoch macht sich auch hier eine Abweichung der Meinungen geltend: es handelt sich nämlich darum, ob die elastischen Fasern des Knorpels unmittelbar als solche entstehen, oder ob, wie es gewisse Beobachtungen wahrscheinlich machten, die umgewandelte Substanz zuerst in Körnern auftritt, die nachträglich erst zu Fasern und Platten sich vereinigen. —

Die Beantwortung dieser Frage ist schwieriger, als es scheint. Zuvörderst ist es nicht zu leugnen, dass der Netzknorpel mancher Thiere neben ausgebildeten elastischen Fasern auch eine persistirende scheinbar mehr körnige Ablagerung der elastischen Substanz zeigt; allein dies beweist noch nicht, dass die letztere ein Vorläuferstadium der Fasern sei, vielmehr ist es eben so gut denkbar, dass die Ablagerung elastischer Substanz in Form von Körnern, wie in der von Fasern und ganzen Platten stattfindet. Um daher die Frage über die Entstehung der elastischen Fasern zu entscheiden, muss man sich zur Untersuchung solcher Thiere bedienen, deren Netzknorpel im entwickelten Zustand nur Fasern zeigt. Zu diesen gehört namentlich der Ohrknorpel des Rindes. Wie sich derselbe im mikroskopischen Bilde verhält, werden wir unten sehen. Hier will ich nur schon vorher darauf aufmerksam machen, dass man leicht zu Verwechselungen zwischen feinkörniger Fettablagerung und derjenigen elastischer Substanz verleitet wird, weil Beide ein sehr ähnliches mikroskopisches Verhalten zeigen und es nicht immer gelingt, alles Fett durch Anwendung von Aether zu entfernen. In seltenen Fällen zeigt sich nämlich auch im Ohrknorpel des Kalbes eine Ablagerung sehr kleiner, äusserst dicht stehender, bräunlich gelber Körner und Kügelchen. Da jedoch diese Erscheinung weder in Betreff der Zeit, noch der Häufigkeit ihres Auftretens bei allen Thieren

desselben Alters constant ist, und sogar in vielen Fällen gänzlich fehlt, da ferner oft Uebergänge von kleinsten Körnchen zu grösseren Fetttröpfchen bemerkt werden, ist man wohl berechtigt, dieselbe für den Ausdruck einer feinkörnigen Fettablagerung zu halten, zumal sie meist zu Zeiten auftritt, wo schon eine reichliche Menge elastischer Fasern vorhanden ist, deren Entstehen aus früheren Körnern nicht nachgewiesen werden kann. — Diese fettartige, feinkörnige Ablagerung scheint also in keinem Zusammenhange mit der Bildung elastischer Fasern zu stehen, sondern durchsetzt die theilweise elastisch gewordene hyaline Grundsubstanz spärlicher oder reichlicher, je nach den Ernährungszuständen des Individuums. —

Ferner gelingt es auch direct, den Nachweis zu liefern, dass die elastischen Fasern unmittelbar als solche in einer vorher völlig hyalinen und klaren Intercellularsubstanz sichtbar werden. — Untersucht man den Ohrknorpel des menschlichen Fötus in verschiedenen sehr frühen Entwickelungsstadien, so zeigt sich Folgendes:

Das Ohr des 3—4monatlichen menschlichen Embryo lässt keine Spur von Faserung erkennen, sondern die ganze Masse besteht aus sehr kleinen, rundlichen oder rundlich-eckigen Zellen, die in völlig hyaliner Intercellularsubstanz eingebettet sind. — Dagegen bemerkt man etwa im 5. Monat in der unterdess reichlicher gewordenen durchsichtigen Grundsubstanz des Knorpels die ersten Spuren elastischer Fasern. Dieselben sind äusserst zart, meist einfach, ohne deutliche Verzweigungen, dabei sehr zahlreich und dicht an einander liegend, so jedoch dass immer eine bestimmte Richtung ihres Verlaufes, senkrecht auf die Fläche der Ohrmuschel, vorwiegt. — In der Mitte des Gewebes sind diese Faserzüge am dicksten und dichtesten, während sie nach den Oberflächen des Knorpels sich verjüngen, spärlicher werden und endlich, ohne Anastomosen zu bilganz frei endigen. Die Zellen sind wenig von denen der früheren Stadien abweichend, die Intercellularsubstanz hat zugenommen, und ist, die Fasern abgerechnet, völlig klar und hyalin. Dasselbe Verhalten fand ich in einem 8zölligen Rinderfötus, nur dass die Fasern noch feiner als beim Menschen er-

schienen. Dieselben hatten einen fast geraden Verlauf, lagen ausserordentlich dicht bei einander, und liessen bereits, trotz ihrer Feinheit, eine deutliche doppelte Contour erkennen, namentlich diejenigen Fasern, welche wie Fadenpilze aus der Kante durch Druck zerrissener feiner Schnitte frei hervorragten. An gröberen Präparaten vermochte man bloss eine gleichmässige gelbliche Trübung der ganzen Masse, jedoch keine deutlichen Fasern zu erkennen, so dass ein Uebersehen der letzteren bei oberflächlicher Betrachtung leicht möglich war. Fasern von gleicher Feinheit vermochte ich nicht beim menschlichen Fötus zu entdecken, so dass ich wahrscheinlich bei diesem ein zwischen dem 5. und 6. Monat bestehendes Stadium übergangen habe, was um so eher möglich erscheint, je schwerer eine genaue Altersbestimmung der Embryonen ist.

Schwieriger wird die Entscheidung über die Entstehung der elastischen Fasern in der Cartilago arytaenoidea z. B. des Rindes. Hier treten durch den eigenthümlichen Umstand, dass dieser Knorpel aus zwei Knorpelarten besteht, Bilder auf, die bei oberflächlicher Beobachtung die Annahme wahrscheinlich machen könnten, als habe man hier Uebergangsstadien aus Körnern in Fasern vor sich. Während nämlich die unteren, der Basis nahen Partieen grosse, rundliche Knorpelzellen mit oft deutlichem, ansehnlichem, bläschenförmigem Kerne zeigen, die in einer völlig homogenen hyalinen Zwischenmasse eingebettet sind, bemerkt man nach der Spitze hinauf ein Auftreten brauner, undurchsichtiger, zweifellos aus dicht gedrängten Körnern bestehender Ablagerungen, ganz ähnlich denen, die man auch im hyalinen Rippenknorpel älterer Individuen neben den scheinbar fibrillär gewordenen Partieen der Grundsubstanz findet. Diese körnigen Stellen zeigen sich meist in gewisser Entfernung von den Zellen, indem sie ein hyalines, nicht scharf abgegrenztes Gebiet um Zellen oder Zellengruppen frei lassen. Seltener sieht man jedoch, dass jene Trübungen auch die Zellen selbst bedecken. An anderen Stellen bemerkt man Partieen der Grundsubstanz, die zwar auf den ersten Blick körnig erscheinen, aber bei näherer Untersuchung sich als ein dichtes Gewirr von feinen, nach allen Richtungen ziehenden, sich mannichfach

durchkreuzenden Linien darstellen, untermischt mit deutlichen Körnern. Zugleich gewahrt man, wie aus jenem feinen Netzwerke strahlenartig elastische lange Fasern hervorschiessen, welche, durch Anastomosen mit einander verbunden, die hyalin gebliebene Zwischensubstanz durchsetzen. Je mehr man der Spitze des Knorpels sich nähert, desto dichter und stellenweise gröber werden diese elastischen Fasern, während die Zellen immer mehr in den Hintergrund treten. An der Spitze selbst erblickt man ein dichtes Flechtwerk, gebildet von theils äusserst starken, theils sehr feinen Fasern, die sich in allen Richtungen durchkreuzen und verzweigen, dazwischen diffuse braune Trübung und sehr sparsame hyaline Substanz mit wenigen Zellen.

Aus den obigen Beobachtungen geht hervor, dass am Ohrknorpel des Menschen und Rindes in den von mir untersuchten, jedenfalls sehr frühen Stadien der Entwicklung, unerachtet die ausserordentliche Durchsichtigkeit der Grundsubstanz eine genaue Untersuchung gestattet, nirgend eine Spur von Körnern vorgefunden wird, die sich für die Neubildung und Vergrösserung der elastischen Fasern verwerthen liessen. — Man darf wohl voraussetzen, dass, wenn die Faserbildung des elastischen Gewebes durch vorangehende Körnchenablagerung eingeleitet würde, nicht bloss beim ersten Entstehen jener in der hyalinen Grundsubstanz, sondern auch bei der späteren zweifellosen Vergrösserung des Knorpels, wobei zugleich Neubildung und Verdichtung der elastischen Fasern nothwendig stattfindet, sich Uebergangsstadien von einer körnigen Ablagerung zu späteren Faserzügen vorfinden müssten. Da sich dergleichen nirgend, weder an dem Ohrknorpel des Menschen, noch des Rindes, nachweisen lässt, ist man wohl zu dem Schluss berechtigt, eine unmittelbare Ablagerung der elastischen Fasern als solcher in der vorher völlig hyalinen Grundsubstanz anzunehmen. Freilich scheint diesem Satz das Verhalten der elastischen Substanz in der Cartilago arytaenoidea zu widersprechen. Was jedoch bei dieser einen sichern Schluss fast unmöglich macht, ist Folgendes: Bekanntlich bemerkt man, wie schon erwähnt, auch im hyalinen Rippenknorpel das Auftreten

einer gelbbraunen, körnigen Trübung, die der später eintretenden, fibrillären Umwandlung und einer Höhlenbildung durch Erweichung voraufgeht. — Nun haben wir auch am Giessbeckenknorpel eine rein hyaline Knorpelmasse, die an ein elastisch knorpeliges Gebiet stösst. In ersterer zeigen sich ebenfalls Erweichungsstellen, die schon mit dem unbewaffneten Auge als kleine, braungraue, mit gallertartigem Inhalte versehene Höhlen sich erkennen lassen. Unter dem Mikroskope erblickt man theils feine, theils gröbere, stark lichtbrechende, unendlich zahlreiche Körner in lebhafter molecularer Bewegung, dazwischen Fetttropfen und deutliche, oft ziemlich grosse Krystalle und Kalkconcremente. Es liegt also um so näher, jene körnige Beschaffenheit für ein Vorläuferstadium von Erweichungsprocessen anzusehen, als sonstige sichere Beweise für die Entstehung der elastischen Fasern aus Körnchen nicht beigebracht werden können.

Verfolgt man die weitere Ausbildung der elastischen Fasern, so findet man, dass dieselben, namentlich nach der Mitte des Gewebes, an Dicke zunehmen, indem sie zum Theil eine höchst zierliche Schlängelung, jedoch noch keine deutlichen Verzweigungen zeigen. Durch Jodlösung färben sie sich dunkler, als die ebenfalls reichlicher gewordene hyaline Zwischensubstanz. Durch Kali- und namentlich concentrirte Ammoniaklösung tritt der Verlauf der Fasern sehr deutlich hervor, indem durch Zusatz jener Reagentien die Zellcontouren bis zur Unkenntlichkeit schwinden, so dass man nur eine homogene hyaline Masse mit vielen elastischen Fasern vor sich zu haben glaubt (Fig. 1. b. c.).

Die Zellen selbst haben ferner gegen die früheren Stadien an Grösse zugenommen, ohne dass Spuren einer deutlichen Vermehrung oder Kapselbildung sichtbar wären.

Allmählig nehmen auch die Fasern an Grösse zu, indem sie Verzweigungen und Netze bilden. Dabei können, wie man dies oft an jungen Kälbern sieht, bräunliche, diffuse Trübungen der Grundsubstanz auftreten, und dadurch, sowie durch Fettablagerung, die Durchsichtigkeit der Theile sehr leiden. — Beim Menschen nimmt allmählig die balkige, filzige, faserige

Beschaffenheit der Intercellularsubstanz so zu, dass die Zellen dadurch in hohem Grade verdeckt werden, während beim Kalbe und Rinde, wo die Fasern weniger zahlreich und dicht sind, die Zellen leichter auffindbar und erkennbar bleiben. In den folgenden Schilderungen werde ich mich daher hauptsächlich an Präparate aus dem Ohrknorpel dieser Thiere, sowie der Pferde, die grosse Aehnlichkeit mit ihnen zeigen, halten.

Im Kalbsohre wird die hyaline, noch reichlich vorhandene Zwischensubstanz von vielen Fasern durchzogen, die, nach den Oberflächen desselben hin immer feiner und sparsamer werdend, an der Grenze des Knorpels und Perichondriums als zarte Ausläufer verschwinden, so dass daselbst die ganze Substanz viel durchsichtiger und fast ganz hyalin erscheint. Ihre Hauptrichtung, das Verhalten der Netze und Verzweigungen, entspricht im Ganzen dem schon geschilderten. Ihre Contouren sind scharf, glänzend, die gröberen Fasern zeigen knorrige Ausbuchtungen, die kleineren sind mehr glatt und gleichmässig. Von Hohlsein derselben ist nichts zu entdecken. Ferner zeigen sie die bekannte Resistenz gegen chemische Reagentien, und die dunkelbraune Färbung durch Jodlösung. —

Was nun das Verhalten der zelligen Elemente in diesem Stadium betrifft, so treten dieselben den Fasern gegenüber mehr in den Hintergrund. Sie haben zwar an Grösse zugenommen, jedoch noch lange nicht die der Knorpelzellen im Ohr erwachsener Thiere erreicht; sie sind ferner rundlich ohne deutlich erkennbaren Kern, ohne Spur einer Auflagerung oder einer an ihrer Oberfläche erkennbaren veränderten Rindenschicht, stark lichtbrechend, und erscheinen im Ganzen wegen der Zunahme der hyalinen Intercellularsubstanz weiter auseinander gerückt, und desto sparsamer, je mehr man sich der Mitte des Gewebes nähert, während sie nach den hyalinen Oberflächen zu zahlreicher und dichter aneinander gedrängt stehen. An letzterer Stelle werden die Zellen schmaler, wie platt gedrückt, und kleiner, so dass sie nach dem Perichondrium zu kaum mehr unterscheidbar sind. Auch in dieser Periode findet sich nichts, was für eine Zellenvermehrung sprechen könnte. Ueberhaupt lässt sich nicht mit Sicherheit nach-

weisen, dass in dem schon vorhandenen hyalinen Knorpel eine solche stattfindet.

Während nun in den späteren Stadien die elastischen Fasern sich auf die angegebene Weise weiter entwickeln, machen sich gleichzeitig einige auffallende Erscheinungen an den Knorpelzellen bemerklich. Letztere zeigen beim jungen Rinde ein abweichendes Verhalten von dem früheren Zustande: ihre Grösse hat bedeutend, oft um das 2—3fache des Durchmessers zugenommen, sie erscheinen im Allgemeinen fast regelmässig rund oder oval, durchsichtig, mit scharfen, glatten Contouren und grossem, zart aber deutlich contourirten, runden, durchsichtigen Kern. Ausserdem sind viele Zellen mit kleinen, stark lichtbrechenden klaren Fettkörnchen erfüllt. Am zahlreichsten finden sich die Zellen auch hier nahe der Oberfläche des Knorpels. Man sieht sie ferner deutlich zu zweien oder dreien einander genähert, und bald durch deutlich erkennbare dünne hyaline Septa von einander geschieden, bald so dicht zusammengerückt, dass die einander zugewendeten Seiten abgeflacht erscheinen. — So gewähren sie den täuschenden Anblick, als habe man eine durch Theilung entstandene Zellengruppe unmittelbar nach derselben vor sich. Dennoch gelang es mir nie, etwas von den bei einer langsamen Theilung nothwendigen Zwischenstadien, wie Kerntheilung, Einkerbung, Abschnürung zu bemerken. Nur scheint es zuweilen, als ob sich in einer Zelle zwei Kerne befänden, doch fällt es hier schwer, sich mit Sicherheit zu überzeugen, ob der zweite Kern nicht einer anderen Zelle angehört, die wegen ihrer versteckten Lage sich der Beobachtung entzieht. —

Von jeher bestand die Controverse, ob die Gruppirung der Knorpelkörperchen, die sich stets gleichzeitig mit einer starken Vermehrung der Grundsubstanz zwischen den Gruppen einstellt, von einer zwischen den einzelnen Zellen stattfindenden Resorption der Grundsubstanz herrührt, oder ob diese Gruppen als Descendenten einer Mutterzelle anzusehen seien, zwischen denen sich die Grundsubstanz als Septa formirt hat. Wo es sich wie im Netzknorpel des Kalbes um eine Gruppe von zwei oder drei Knorpelkörperchen handelt, könnte wohl angenom-

men werden, dass die Entstehung dieser Brutzellen aus einer Mutterzelle und die Fortsetzung eines Septums von hyaliner Grundsubstanz zwischen ihnen sich der Beobachtung entzieht, nicht aber in anderen Fällen, wenn es sich um die Entstehung von Gruppen aus äusserst zahlreichen einzelnen Knorpelkörperchen an einer Stelle handelt, wo früher dichtgedrängt einzelne Zellen regellos nebeneinander standen. Hier ist man zu der Erwartung berechtigt, dass sich Uebergangsstadien der Entstehung solcher Gruppen aus einer einzelnen Zelle nachweisen lassen. Da der Nachweis für eine derartige locale Vermehrung, wobei andere Zellen nothwendig zu Grunde gehen müssen, fehlt, andererseits aber die allmählige Annäherung von Zellen und Vergrösserung von Gruppen beobachtet werden kann, wird man bei jeder so massenhaften Gruppenbildung, wie sie z. B. der Rippenknorpel zeigt, zu der Ansicht von der Entstehung der Gruppen durch Annäherung der ursprünglich vereinzelten Zellen hingedrängt. Inwieweit diese Erklärung auf die an den Oberflächen des Ohrknorpels auftretenden Gruppen von 2, höchstens 3 Knorpelkörperchen Anwendung findet, wage ich nicht zu entscheiden. —

Der Netzknorpel des Rindsohrs bietet von dem des Kalbes, auch abgesehen von der starken Vergrösserung und Gruppirung der Knorpelkörperchen, ein abweichendes mikroskopisches Bild. Beim Kalbe ziehen die noch schmaleren und weniger verästelten Fasern scheinbar gleichförmig durch die Grundmasse hindurch, während die noch sehr kleinen Knorpelkörperchen mit ihrer nächsten Umgebung von Grundsubstanz nirgend auffallend hervortreten. Beim älteren Rinde ist das mikroskopische Verhalten Folgendes: Man sieht in einer hyalinen Grundmasse einen nur mässig dichten Filz von elastischen Fasern, welche Lücken bilden, in denen die Knorpelkörperchen, umgeben von Höfen hyaliner faserloser Grundsubstanz liegen. An schon mässig feineren Schnittchen überzeugt man sich leicht, dass auch zwischen den Fasern des Filzes eine sogar an Volumen die letzteren überwiegende hyaline Substanz vorhanden ist, welche mit derjenigen, die, rings um die einzelnen Knorpelkörperchen gelegen, jene Höfe bildet, in unmittelbarem

Zusammenhange steht. Da beide Substanzen sich ferner durch nichts von einander unterscheiden, gelingt nie eine andere, als künstliche und unvollkommene Isolirung der Höfe von der ganzen Masse, selbst da, wo erstere den Anschein einer grösseren Conformität mit der Zelle gewähren. Sie verdienen daher nicht weniger den Namen hyaliner Intercellularsubstanz, als die, so zu sagen, interfibrillären Reste, mit denen sie auch in ihrem Verhalten gegen chemische Reagentien, was Färbung und Löslichkeit betrifft, übereinstimmen. Dennoch mag ihr entfernt grossen „Kapseln" ähnelndes Aussehen Manchen bei oberflächlicher Betrachtung zu dem Glauben veranlasst haben, sie für wirkliche Kapseln, d. h. secundäre Auflagerungen auf die ursprüngliche Zellmembran, anzusehen.

Was die Entstehung der erwähnten Höfe betrifft, so ist dieselbe wohl hauptsächlich daher zu erklären, dass bei der Vermehrung, Verdickung und stärkeren Verfilzung der elastischen Fasern ein Gebiet der hyalinen Grundsubstanz um einzelne Zellen oder Zellengruppen, welches davon verschont bleibt, mehr heraustritt, während man wohl auch eine wirkliche Vermehrung der hyalinen Schicht in diesen Gebieten annehmen darf. —

Es ist denkbar, dass da, wo die Ablagerung der elastischen Faserzüge eine so reichliche ist, dass allmählig der grössere Theil der noch vorhandenen hyalinen Intercellularsubstanz diese Verwandlung eingeht, endlich bei oberflächlicher Betrachtung gröberer Schnitte nur noch jene Höfe als scheinbar letzte Reste der hyalinen Grundmasse rings um die Zellen oder deren Gruppen übrig bleiben, und somit ein viel täuschenderes Bild einer „Kapsel" darstellen. Dieses Verhalten zeigt in der That sehr schön der Ohrknorpel des Rehes, sowie auch des Hammels. Hier ist in Folge der grösseren Dichtigkeit der Faserzüge das mikroskopische Bild, namentlich nicht sehr feiner Schnitte, derartig, dass man wohl einsieht, wie viele Histologen bis vor wenigen Jahren den Netzknorpel als ein Gewebe betrachten konnten, in welchem ein Filz von Fasern allein die Grundsubstanz bildete. (Cf. Handbuch der menschlichen Anatomie, von C. F. Theodor Krause, Hannover 1841, Band I, Th. 1,

S. 82: „Gelber elastischer Knorpel. Seine Intercellularsubstanz ist undurchsichtig, und besteht aus kurzen, vielfach durchkreuzten und verfilzten elastischen Fibrillen, die eine Art von Netzwerk mit grossen Maschen bilden, in welchen die durchsichtigen Knorpelzellen liegen und aus ihnen herausgepresst werden können.“) Wie irrig eine solche Auffassung sein muss, darüber besteht wohl jetzt kein Zweifel unter den Forschern. Anders ist es mit der anderen Frage in Betreff der Kapseln, die ich berührt habe, und deren Entscheidung von grossem Interesse für die Histologie ist. Schon Schwann spricht von verdickten Zellmembranen, den spätern sogenannten Knorpelkapseln, in den Kiemenknorpeln von *Pelobates fuscus*. Er lässt dieselben mit der Intercellularsubstanz innig verwachsen. Reichert leugnete eine Verdickung der Zellmembran zu Kapseln und erklärte die von Schwann gesehenen als optische Täuschung, durch Flächenspiegelung der Höhle und durch das Beziehen zweier verschieden grosser Durchschnitte einer Knorpelhöhle auf eine und dieselbe Ebene des mikroskopischen Bildes bedingt. Derselbe war früher in seinem Buche über die Gebilde der Bindesubstanz der Ansicht[1]), dass häufig die wirklichen Zellmembranen der Knorpelkörperchen verloren gingen, wie dies auch bei anderen Bindesubstanzgebilden, wo die Zellen atrophisch werden, geschehen sollte. – Später hat Virchow bei allen Zellen der Bindesubstanzgebilde sich für die Erhaltung ihrer Membranen ausgesprochen, und in Betreff der Knorpelkörperchen wieder die Schwann'sche Kapsel hergestellt. Auch Reichert erklärte sich weiterhin für das Vorhandensein der Zellmembranen an den Knorpelkörperchen, nicht weil es ihm gelang, sie als besondere Gebilde zu isoliren, sondern weil dieselben unter Umständen Brutzellen produciren, und er der Ansicht ist, dass eine productive Zelle noch unversehrt sein, d. h. alle ihre wichtigen Bestandtheile, und also auch die Zellmembran besitzen müsse.[2]) Gegen eine verdickte Zellmembran und Knorpelkapsel hat er sich stets ausgesprochen. —

1) Cf. Jahresbericht für 18[illegible], S. 63.

2) Cf. Jahresbericht für 1852, S. 521.

Die Ansicht von den Kapseln gewann einen neuen Gesichtspunkt durch die von H. v. Mohl aufgestellte Lehre vom Primordialschlauch. Wie die Cellulosekapsel als ein Ausscheidungsproduct des Primordialschlauchs, so wurde die angebliche Knorpelkapsel als ein Ausscheidungsproduct der eigentlichen Knorpelzellmembran angesehen. Remak war es zuerst, der die ganze Grundsubstanz des hyalinen Knorpels als aus verschmolzenen Kapseln entstanden erklären wollte. Ihm ist der grössere Theil der Forscher, wenigstens insofern, als sie die Möglichkeit der Entstehung eines Theils der Intercellularsubstanz auf diesem Wege annehmen, gefolgt, indem sie die Kapsel für ein von der Umgebung deutlich trennbares Gebilde hielten. Hierbei beruft man sich stets darauf, dass die Kapsel aus der übrigen Grundsubstanz zu isoliren, ja selbst durch Salzsäuremaceration frei zu machen sei. —

Gelegentlich weise ich noch darauf hin, dass die Ansichten, wie die Kapsel entstehen soll, sehr verschieden sind: Einige halten sie für verdickte Zellmembran, Andere für ein gesondertes Ausscheidungsproduct derselben. M. Schultze, der die Existenz einer Zellmembran an den Knorpelkörperchen leugnet, hat die Hypothese aufgestellt, dass die Knorpelkapsel eine umgewandelte peripherische Schicht sei, und dass die ganze Intercellularsubstanz auf diese Weise sich bilde. Brücke, gleichfalls die Existenz der Knorpelzellmembran in Abrede stellend, hält es für wahrscheinlich, dass die Kapsel erst später in der Umgebung der Knorpelkörperchen aus der Grundsubstanz sich absondert, deren Entstehung er in gleicher Weise, wie M. Schultze, annimmt.[1])

Ueber die Controversen, wie die Grundsubstanz im hyalinen Knorpel entsteht, kann ich hier nicht näher eingehen. — Bei dem von mir untersuchten Netzknorpel in den verschiedenen Bildungsstadien habe ich indess niemals eine Erscheinung in der Umgebung der Knorpelkörperchen gewahren können,

1) Brücke, Elementarorganismen, Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. XLIV. 1861, S. 394 ff. — M. Schultze: Reichert's Archiv, 1861, S. 12 ff.

aus welcher ich auf eine Entstehung der Grundsubstanz aus irgend welchem Formbestandtheile der Zelle selbst zu schliessen im Stande gewesen wäre. Namentlich muss ich hervorheben, dass Spuren von sogenannten Knorpelkapseln in keiner Weise sichtbar sind. Dagegen bietet allerdings der Ohrknorpel des Rehes und auch des Hammels ein solches mikroskopisches Bild an mässig dünnen Schnittchen dar, dass ich anfangs an eine Existenz wirklicher Kapseln kaum zu zweifeln vermochte. Der Ohrknorpel erwachsener Rehe wird von so dichten und wirr sich kreuzenden Faserzügen durchsetzt, dass es in der Mitte des Gewebes kaum möglich ist, einzelne derselben, wie dies beim Rinde so leicht geschieht, herauszuerkennen und ihren Verlauf oder ihre Anastomosen zu verfolgen. Es erscheint vielmehr die ganze Grundsubstanz, abgerechnet die erwähnten, das Bild einer Kapsel gewährenden Ringe, hyaliner Masse, äusserst dicht und wirr gestreift und körnig. Dennoch erkennt man deutlich die Zusammensetzung dieses Gewirres aus einzelnen feinen, in eine hyaline Grundmasse eingebetteten Fasern an den der Knorpeloberfläche nahen Partieen, wo der Filz immer weitmaschiger und aus spärlicheren Zügen zusammengesetzt erscheint, die endlich als feinste Ausläufer in einem fast rein hyalinen Gebiet dicht am Perichondrium sich dem Blicke entziehen (Fig. 2. a). Man sieht ferner in dieser filzigen Masse dicht an einander gedrängt Knorpelkörperchen von 0,012—18 Mm. Durchmesser, geschieden durch verhältnissmässig dünne Septa, welche scheinbar aus elastischen Fasern gebildet werden.

Was die Lage der einzelnen Zellen zu einander betrifft, so erscheint dieselbe auf den ersten Blick regellos, doch lassen sich bei genauerer Betrachtung häufig deutlich längere, aus dicht an einander gestellten Knorpelkörperchen gebildete Reihen und Gruppen erkennen, die unter sich durch breitere Septa faserhaltiger Grundsubstanz geschieden sind. Bisweilen auch liegen 2—3 Knorpelkörperchen so dicht an einander, dass die zugekehrten Flächen abgeplattet erscheinen, und nur eine ganz schmale Schicht der Grundmasse zwischen ihnen erkennbar ist. Sowohl diese, als die die Zellen einer Reihe trennenden Septa

zeigen auf dünnen Schnittchen oft eine yaline Beschaffenheit, so dass Zweifel entstehen können, ob nicht oft selbst in den Fällen, wo man jene von elastischen Faserzügen durchsetzt sieht, die in einer anderen Ebene des mikroskopischen Bildes verlaufenden Fasern irrig für jene gehalten werden können.

Die Zellen selbst sind scharf contourirt, stark lichtbrechend, mit einem oft durch körnige Fettmassen verdeckten Kerne. Um jedes Knorpelkörperchen tritt in auffallendster Weise der erwähnte hyaline Ring hervor, der nicht allein gegen die Knorpelhöhle, sondern auch scheinbar gegen die Filzmasse hin von scharfen Contouren begrenzt ist (Fig. 3). Zu dieser überraschenden Erscheinung kommt noch Folgendes hinzu: an den Rändern zerrissener Schnittchen sieht man hier und da Knorpelzellen mit ähnlicher Ringzeichnung, wie mitten in der Masse, zu einem kleinen oder grösseren Theile scheinbar abgelöst und Kugelsegmenten gleich frei hervorragen (d). Ferner werden in den durch einen Schnitt frei gemachten und in der Umgebung des Präparates herumschwimmenden Theilen, einmal, und zwar in Menge überwiegend, oft eingeschrumpfte, ziemlich resistente Knorpelkörperchen, meist kernhaltig, bemerkt (e), zweitens aber auch rundliche Kapseln, deren Wandung der Hauptmasse nach aus hyaliner Grundsubstanz besteht. Dieselben bieten im Durchschnitt eine deutlich ringförmige Zeichnung dar, und sind entweder leer, oder enthalten noch ein Knorpelkörperchen (c). Es kann keinem Zweifel unterworfen sein, dass man hier frei gelegt jenen Theil des Netzknorpels vor sich hat, welcher der Knorpelzelle mit ihrer scheinbaren Kapsel entspricht. — Bisweilen kann man eine solche Kapsel unter dem Mikroskop in eine rollende Bewegung versetzen, und dann, oft auch schon ohne dieses Mittel, an der Oberfläche Stückchen der elastischen faserhaltigen Grundsubstanz von mehr oder weniger unregelmässiger Form beobachten; in anderen Fällen haben die äusseren Grenzen der scheinbaren Kapsel etwas Gezacktes und Gerissenes; völlig glatte Oberflächen sind mir nie vorgekommen. — Eine andere Erscheinung kann ferner oft zu der Annahme einer sogar geschichteten Knorpelkapsel beitragen: Man sieht nämlich zuweilen, dass der innere Rand des ringförmigen

Hofes wie fein granulirt erscheint, und dass am äusseren Rande nach der fasrigen Grundsubstanz zu sich eine durch eine unbestimmte Contour abgegrenzte Stelle bemerkbar macht, die wie ein kreisförmiger Spalt in der hyalinen Umgebung sich ausnimmt. Der granulirte innere Rand ist leicht als die dem mikroskopischen Durchschnitt der Knorpelhöhle angehörige Begrenzung erkennbar, welche hier granulirt erscheint, weil sich an der Innenfläche jener Höhle kleine Körnchen, vielleicht Fetttröpfchen, abgelagert haben. Wie jene spaltartige, in der hyalinen Substanz befindliche Kreislinie zu deuten, davon unten, wenn die Erscheinungen der Kapseln näher besprochen sind.

Versucht man nun eine Deutung der besprochenen Erscheinungen, so wird diese nur dann möglich, wenn man sich recht feine Schnittchen anfertigt; freilich wird sich nicht an allen die Gelegenheit bieten, das zu sehen, was ich zu beschreiben habe, doch wird man bei häufigerer Wiederholung unter vielen Präparaten an irgend einer Stelle Folgendes wahrnehmen (F. 3f): Man sieht dann eine leere Knorpelhöhle entweder unmittelbar am Rande liegen und dann geöffnet und entleert, oder auch in einer kleinen Entfernung davon vollständig, aber ebenfalls ohne Knorpelkörperchen. In der nächsten Umgebung des Hohlraumes findet sich eine dünne Schicht hyalinen Knorpels, die entweder um den ganzen Umfang des ersteren gleichmässig fortzieht, oder an einer Stelle, weil hier das Segment etwas dicker ist, eine ringförmige Zeichnung hervortreten lässt. — Diese Zeichnung, sowie die deutlich vorhandene Schicht hyaliner Substanz beweist, dass eine Knorpelhöhle ohne weitere Zerstörung und namentlich ohne Entfernung der fraglichen Kapsel vorliegt. Solche Segmente, wo ein Theil noch eine ringförmige Zeichnung hat, der übrige derselben ermangelt, sind besonders beweiskräftig, dass jene Substanz, welche das Bild einer Kapsel gewährt, nicht ganz entfernt ist, und dass man nicht etwa nur ein abgerissenes Stückchen der Kapsel noch innerhalb der Knorpelhöhle vor sich sieht. Wäre Letzteres der Fall, so müsste gerade jene ringförmige Zeichnung als ein abgerissenes Stück der Kapsel an allen Stellen gleich breit

erscheinen und sich von der übrigen Umgebung der Knorpelhöhle plötzlich mit breiten Kanten absetzen. Dies ist aber nicht der Fall, die scheinbar ringförmige Stelle verliert sich ohne alle Abgrenzung, ganz allmählig, indem der Ring immer schmaler und schmaler wird, in jenen Theil der Umgebung des Knorpelhöhlensegmentes, wo sich nur eine dünne Schicht hyalinen Knorpels als Grenze vorfindet. Von dieser Stelle aus muss man jetzt den nächsten angrenzenden Bezirk der Grundsubstanz im gegenseitigen Verhalten näher verfolgen. — In diesem Bezirke erblickt man bei der Feinheit des Schnittes nicht mehr Fasern, sondern in der verhältnissmässig geringen Masse hyaliner Grundsubstanz sind eingebettet kleinere und grössere, oft unregelmässig rundliche oder eckige Fragmente elastischer Substanz. Dass dies feine Segmente der Fasern sind, davon überzeugt man sich durch Verfolgen der betreffenden Stelle des Präparats nach der Gegend hin, wo der Schnitt dicker ist, und deutlichere Faserelemente hervortreten. Man findet dann alle Uebergänge von den körnigen Segmenten bis zu wirklichen Fasernetzen, und hat also an solchen Stellen des Präparates im feinsten Durchschnitt sowohl Knorpelhöhle, wie die nächste Umgebung der filzartigen Grundsubstanz vor sich, deren gegenseitiges Verhalten man hier auf das Genaueste untersuchen kann. Zu diesem Ende ist es gut, das Präparat mit Jod zu behandeln, durch welches die elastischen Elemente stärker gelb gefärbt werden, als die hyaline Grundsubstanz. Man überzeugt sich dann zunächst, dass selbst die Gegend, wo der Netzknorpel scheinbar nur aus Filzwerk besteht, eine hyaline Grundsubstanz enthält, in der die Fasern eingebettet sind, obwohl sie an Volumen gegen letztere zurücktritt. —

Man sieht ferner, dass diese hyaline Grundsubstanz aus der filzig erscheinenden Gegend ohne irgend welche Scheidegrenze continuirlich bis zu der Knorpelhöhle vordringt und mit der dünnen völlig faserlosen Schicht in der nächsten Umgebung der Knorpelhöhle ohne Abgrenzung zusammenhängt. Auch ist es unmöglich, durch Essigsäure oder andere Reagentien irgend wie bemerkbare Unterschiede zwischen dem faserlosen Theile der Grundsubstanz um die Knorpelhöhle und der interfibrillären

hyalinen Substanz nachzuweisen. — Ebensowenig können durch mechanische Einwirkung bei so feinen Schnitten „Kapseln" isolirt werden. —

Aber auch auf andere Weise gelingt es, den Nachweis zu liefern, dass jene die Knorpelhöhlen umgebenden hyalinen Höfe ohne irgend eine andere, als die Grenze, welche gelegentlich durch die zurückweichenden Fasern gebildet wird, continuirlich mit den Resten der interfibrillären hyalinen Grundmasse in Verbindung steht. Verfolgt man nämlich das Verhalten der fraglichen Kapseln nach der Oberfläche des Knorpels hin, so zeigt sich Folgendes (Fig. 2): Je näher derselben, desto spärlicher wird die faserige, desto reichlicher die hyaline Substanz; nahe am Perichondrium sieht man eine Schicht, in welcher die letztere so überwiegt, dass man nur spärliche feine Ausläufer der elastischen Fasern sie durchziehen sieht. Die zelligen Elemente zeigen dasselbe Verhalten, wie ich es schon beim Rindsohr beschrieben habe, d. h. sie werden immer kleiner, platter und schmaler, so dass sie zuletzt nicht mehr unterscheidbar sind. Um eine oder mehrere Zellen verlaufen nun die elastischen Fasern derart, dass sie ein hyalines Gebiet um dieselben verschonen. Den Zusammenhang desselben mit der interfibrillären Substanz nachzuweisen, ist hier nicht schwerer, als am Rindsohr, weil die Faserung fast ebenso grobmaschig, wie bei diesem erscheint. Verfolgt man das Verhalten der erwähnten hyalinen Gebiete, je tiefer sie nach der Mitte des Gewebes liegen, so bemerkt man, wie sie ganz allmählig durch Dichterwerden der faserigen Ablagerung sich immer schärfer von der Umgebung sondern, bis sie endlich als vollendete hyaline Höfe erscheinen. —

Hält man sich an das, was ich hier geschildert, so muss man die Anwesenheit einer selbstständigen, von der interfibrillären Grundmasse unabhängigen Knorpelkapsel an den Knorpelhöhlen des Rehohrs ebenso in Abrede stellen, wie bei den übrigen von mir besprochenen Netzknorpeln. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Grundsubstanz zwischen den Knorpelkörperchen und Gruppen derselben von ausserordentlich zahlreichen elastischen Fasern durchzogen wird, von denen sich

die hyalinen Gebiete im Umkreis der Knorpelzellen stärker absetzen. — Von dieser Grundlage aus müssen nun die Erscheinungen der Ringe oder „Knorpelkapseln“ auch in Bezug auf die Frage gedeutet werden, wieviel von der scheinbaren Breite derselben auf die durch die Flächenspiegelung bewirkte optische Täuschung kommt. Zunächst kann die ringförmige Zeichnung, wie sie sich an der Knorpelhöhle zu erkennen giebt, wenn man den Focus auf ihren Durchschnitt einstellt, nicht als alleiniger optischer Ausdruck der Dicke jenes hyalinen Gebietes angesehen werden, welches in der nächsten Umgebung der Knorpelhöhlen sich befindet. Diese Schicht ist viel dünner, indem in die ringförmige Zeichnung auch die spiegelnden Flächen der Höhle, welche auf den scheinbaren Durchschnitt projicirt werden, mit eingehen. Sehr schön lässt sich dies an den von Knorpelkörperchen freien Höhlen studiren, welche mit der ihre Wand begrenzenden hyalinen Knorpelschicht theilweise am Rande hervorragen oder gänzlich abgelöst sind. — Die ringförmige Zeichnung erscheint sofort, wenn der Focus des Mikroskopes auf einen Durchschnitt, der in die Nähe des oberen Gipfels der Kapseln fällt, eingestellt ist, und zwar dann sehr breit, da in solchem Falle ein grösserer Abschnitt der spiegelnden Fläche bis zu diesem weitesten Abschnitte der Höhle hin als Ring gesehen wird. Die innere Begrenzung des Ringes ist in diesen Fällen auf den scheinbaren Durchschnitt der Knorpelhöhle, die äussere auf den Rand des grössten Durchmessers derselben zu beziehen; was zwischen ihnen liegt, gehört zum grossen Theile der spiegelnden Fläche und zugleich der Dicke der hyalinen Knorpelschicht an. Je mehr man den Focus des Instruments dem grössten Durchmesser der Knorpelhöhle nähert, desto schmaler wird der ringförmige Saum durch die Verkleinerung der spiegelnden Flächen. Dringt man mit der Einstellung über den grössten Durchmesser hinaus nach dem entgegengesetzten Pole hin, so nimmt der scheinbare Ring wieder allmählig an Breite zu. — Hier ist auch der Ort, auf jene spaltförmige Contour zurückzukommen, die zuweilen in dem hyalinen Ringe nahe der äusseren Begrenzung gesehen wird. Dieselbe ist daher zu erklä-

ren, dass hier unter ungewöhnlich günstigen Bedingungen die bestehende hyaline Schicht um die Knorpelhöhle sich mit doppelten Contouren zu erkennen giebt, die sich zu den durch die Spiegelung bewirkten Kreislinien, indem sie durch die spiegelnde Fläche durchschimmern, summiren und so das Bild mehrerer concentrischer Ringe hervorrufen, welches irrthümlich als eine wirkliche Schichtung der hyalinen Substanz gedeutet werden könnte. Jene spaltförmige Contour verdankt ihre Entstehung wahrscheinlich den Lichtstrahlen, welche im grössten Umfange der Zelle durch den hyalinen Saum hindurchgehen. — Dass man diese Erscheinung nicht immer sieht, rührt von dem starken Lichtglanz der ganzen ringförmigen Zeichnung und dem meist ungünstigen Verhalten der elastisch-faserigen Umgebung her.

Die hier über die Natur der hyalinen Ringe gemachten Angaben befinden sich nun im scheinbaren Widerspruch mit der Thatsache, dass die „Knorpelkapseln" an den Rändern des Präparates theilweise hervorragen, sogar völlig frei gemacht werden können. Allein es ist wohl verständlich, dass bei den geringen Resten hyaliner interfibrillärer Substanz eine Trennung zwischen dieser und dem hyalin gebliebenen Gebiet um Zellen oder Zellengruppen um so leichter sein muss, je verschiedener auf der anderen Seite die Consistenz und elastische Beschaffenheit der Filzmasse von der hyalinen ist. Durch Zerrung wird es daher gelingen, die weniger resistenten hyalinen Säume aus der faserigen Grundmasse herauszupräpariren, so dass sie entweder völlig gesondert erscheinen, oder ihnen noch kleine Reste der Fasern ankleben. — Ebendaher leuchtet es ein, warum man an sehr feinen Schnitten eine solche Isolirung nicht bewerkstelligt: hier ist die elastische Substanz auf ein solches Minimum reducirt, dass die Cohärenz der zwischen den Fasern befindlichen hyalinen Grundmasse und des hyalinen Gebietes um die Zellen überwiegt. —

Nachdem ich so die hervorragenden Erscheinungen, welche der Netzknorpel im Allgemeinen darbietet, beschrieben habe, sei es mir gestattet, noch Einiges über das Verhalten desselben bei verschiedenen Thierspecies hinzuzufügen.

Man kann gewissermaassen den Ohrknorpel des Rehes und Rindes als Grundtypen auch für die übrigen Wirbelthiere ansehen, deren Netzknorpel bald mehr dem einen, bald mehr dem anderen der geschilderten in seinem Verhalten nahe kommt, ohne andere auffallende Differenzen zu zeigen, als die, welche durch die verschiedene Dicke und Dichtigkeit der Faserzüge und die relative Grösse, Zahl und Gruppirung der Zellen bedingt werden. Dadurch, dass erstere bald feiner, bald dicker, bald spärlicher, bald reichlicher, verzweigt oder mehr isolirt in der hyalinen Grundmasse eingebettet sind, entsteht ein fast jeder Thierordnung eigenes mikroskopisches Bild des Netzknorpels, auf die ich, um Wiederholungen zu vermeiden, hier nicht näher eingehen will. — Nur muss ich des auffallenden Verhaltens des Ohrknorpels einiger Nager, namentlich des Hasen, Erwähnung thun, zugleich in der Absicht, zu zeigen, wie auch in einem fast völlig hyalinen Knorpelgewebe, unter ganz anderen Bedingungen, als beim Rehohr, der täuschende Anschein von Kapseln entstehen kann. Mässig feine Schnitte des Ohrknorpels erwachsener Hasen gewähren folgendes mikroskopisches Bild. Man bemerkt eine auf den ersten Blick völlig hyaline faserlose Grundsubstanz, die jedoch bei näherer Untersuchung äusserst sparsame feine Faserzüge zeigt. Dieselben durchsetzen in gestrecktem Verlaufe, unter seltener Anastomosenbildung, die sonst völlig hyaline Grundmasse, ohne ein bestimmtes Verhalten den Zellen gegenüber einzunehmen, und sind so äusserst dünn und zerstreut, dass man sie für Furchen halten könnte, welche durch die Scharten des schneidenden Instruments in der Grundsubstanz erzeugt sind, wenn sie nicht deutliche Verzweigungen zeigten und häufig mehr oder weniger senkrecht auf die ebenfalls vorhandenen, durch Schnitt erzeugten Züge verliefen. Eingebettet in die so beschaffene Grundsubstanz sind nun rundliche, denen des Rehohrs an Grösse etwa gleichstehende, stark lichtbrechende, glänzende Knorpelkörperchen, deren Oberfläche stark gerunzelt und uneben erscheint. Dieselben sind mit tropfbar flüssigem Fett theilweise gefüllt, welches auch die hyaline Grundsubstanz imprägnirt und durch seine ausserordentliche Menge dem ganzen Gewebe ein sehr

durchsichtiges, glänzendes Aussehen verleiht. Da dieses Verhalten die Untersuchung sehr erschwert, ist es gut, die Präparate mit Jodlösung zu behandeln, wodurch die Knorpelkörperchen viel intensiver braun gefärbt werden, als die hyaline Grundmasse. — Um viele der geschilderten Knorpelkörperchen fällt eine deutliche doppelte Contour auf, indem man in einiger Entfernung von der höckerigen Oberfläche des ersteren eine zarte Kreislinie verlaufen sieht. Dadurch entsteht das Bild einer hyalinen, nach aussen durch jene Linie von der übrigen hyalinen Grundsubstanz scharf abgegrenzten Kapsel. — An anderen Stellen, namentlich wo der Schnitt feiner gerathen, erblickt man ein dem pflanzlichen sehr ähnliches, fast honigwabenartiges Gewebe, indem dicht an einander, durch nur schmale Septa hyaliner Grundmasse geschieden, deutliche grubenartige Vertiefungen liegen, die zweifellos ihrer Knorpelkörperchen beraubte Knorpelhöhlen darstellen. Ferner finden sich in einem anscheinend völlig hyalinen Gewebe zahlreiche runde Fetttropfen, in der Weise angeordnet, dass man sie als Inhalt der Knorpelhöhlen deuten muss. Die Nothwendigkeit ihrer Auffassung als völlig mit Fett gefüllte Knorpelzellen und nicht etwa als freie Fetttropfen geht daraus hervor, dass man sie nicht leicht durch Druck zum Zerfliessen bringen kann, und dass durch Ausziehen des Präparates mit Aether an ihrer Stelle Gebilde auftreten, die unverkennbar den Charakter geschrumpfter Zellenkörper, oft mit noch kleineren tropfenartigen Resten der früheren Fällung, an sich tragen. — Da endlich, wo der Schnitt noch feiner gerathen, also namentlich an den Rändern, treten an die Stelle der Höhlungen ziemlich schmale doppelt contourirte Ringe auf, deren innerer Begrenzungskreis einen leeren Raum umschliesst. Es handelt sich hier also um die richtige Deutung von kapselähnlichen Bildern in einer fast völlig hyalinen Grundmasse. — Dieselbe fällt nicht schwer, wenn man die zuerst beschriebene äussere Contour als die der Knorpelhöhle angehörige betrachtet, was durch den Vergleich mit den ihrer Knorpelzelle befreiten Höhlen, die sich, namentlich bei schiefer Beleuchtung, als Gruben erkennen lassen, zweifellos wird. In letzteren liegen nun die

schon durch ihre höckerige Oberfläche sich als geschrumpfte documentirenden fetthaltigen Knorpelkörperchen, so dass die Lücke zwischen ihnen und der grösseren Knorpelhöhlenwand als ein sie umgebender Ring erscheint. Dass dem so sei, geht namentlich aus solchen Präparaten hervor, wo durch den Schnitt einzelne jener Höhlen eröffnet sind und noch das Knorpelkörperchen enthalten. Die scheinbaren Ringe schwinden sogleich, wenn man die Knorpelkörperchen unter dem Mikroskope durch Druck entfernt; man hat dann die einfache Höhlung mit dem daneben liegenden, keine Spur einer Kapsel zeigenden Knorpelkörperchen vor sich. Ferner ist es erklärlich, weshalb die völlig fettgefüllten, prallen, glattwandigen Zellen, die ich beschrieb, nie eine doppelt contourirte Umgebung zeigen: sie füllen eben wegen ihrer bedeutenderen Grösse die Knorpelhöhlen so völlig aus, dass keine bemerkbare Lücke zwischen ihrer Wandung und der des Hohlraums besteht.

Was endlich die Ringe betrifft, welche an feineren Schnitten auftreten, so sind dieselben leicht daher erklärlich, dass man hier Knorpelhohlräume vor sich hat, die durch zwei nahezu parallel und sehr dicht an einander geführte Schnitte getroffen sind. Dadurch ist nur von der ganzen Wand des Hohlraums ein Gürtelsegment übrig geblieben, das von oben gesehen natürlich als Ring erscheinen wird, indem seine beiden Begrenzungskreise, die den beiden Schnittebenen angehören, als concentrische Ringe auf eine Ebene projicirt werden. Die Richtigkeit dieser Erklärung leuchtet daraus ein, dass gröbere und ganz feine Schnitte diese Ringe nicht zeigen: erstere, weil die Schnitte nicht dicht genug waren, um eine Zelle zweimal zu treffen, letztere, weil bei ihrer grossen Feinheit die Breite des Gürtels auf ein nicht mehr erkennbares Minimum zurückgeführt ist. In der That erblickt man bei ganz feinen Schnitten nur eine von dicht stehenden Löchern durchsetzte hyaline Schicht, und in der Umgebung die herausgefallenen, geschilderten Knorpelkörperchen ohne jede Spur einer doppelten Contour, und nirgend Kapseln oder deren Segmente. —

Nachdem ich so die verschiedenen Erscheinungen, durch welche das Bild von Kapseln entstehen kann, als Täuschungen erwiesen zu haben glaube, fasse ich die Resultate meiner Untersuchungen kurz in folgenden Sätzen zusammen:

1) In jedem Netzknorpel finden sich drei Bestandtheile: Knorpelkörperchen, diese oft in Gruppen, hyaline Grundsubstanz und elastische Fasern.

2) Jeder Netzknorpel ist in der ersten Anlage hyalin, die elastischen Fasern erscheinen in der so beschaffenen Grundsubstanz und entwickeln sich hier nicht aus Zellen, weder aus vorhandenen noch sich neu bildenden. Auch ist nicht nachweisbar, dass sie aus einzelnen kleinen, später zu Fasern zusammenfliessenden Körnchen entstehen, sondern sie erscheinen gleich anfangs als Fasern, die sich mit ihrer weiteren Entwickelung mehr und mehr verzweigen, Anastomosen bilden und an Dicke zunehmen, in allen Fällen durch Umwandlung eines Theiles der hyalinen Grundsubstanz selbst.

3) Es ist im Laufe der Entwickelung des Netzknorpels an den schon ursprünglich vorhandenen Zellen keine nachweisbare Vermehrung wahrzunehmen; sie sind anfangs klein, liegen dicht gedrängt, dann nimmt die hyaline Grundmasse an Menge mehr oder weniger zu, während die Knorpelkörperchen unter Abnahme der trennenden Substanz Gruppen zu bilden scheinen.

4) Es ist während der Entwickelung des Netzknorpels keine Erscheinung wahrnehmbar, aus welcher darauf geschlossen werden könnte, dass die Grundsubstanz durch Verdickung der Zellmembranen und Umwandlung von Rindenschichten des Zellinhalts der Knorpelkörperchen gebildet würde.

5) An Knorpelkörperchen und deren Höhlen, welche von sphäroider Gestalt sind, treten bei einer gewissen Grösse ringförmige Erscheinungen vorwiegend durch Flächenspiegelung bedingt, auf. Sie sind am Auffallendsten am Rehohr, wo gleichzeitig derjenige Bezirk der Grundsubstanz, welcher elastische Fasern enthält und zwischen die Knorpelkörperchen und deren Gruppen sich ausbreitet, eine scheinbar gleichförmig filzige Masse bildet.

6) Selbstständige Knorpelkapseln existiren nicht; in alten

Netzknorpeln treten aber ihnen ähnliche Erscheinungen dadurch auf, dass eine Schicht der hyalinen Grundsubstanz in nächster Umgebung der Zellen oder deren Gruppen von der Faserung frei bleibt. Wo die elastischen Fasern nicht reichlich ausgebildet sind, wie z. B. beim Pferde und Rinde, da hebt sich diese Gegend der hyalinen Grundsubstanz nicht so bemerkbar von dem faserhaltigen Bezirk ab, weil überall in grösserer Ausdehnung der continuirliche Zusammenhang mit der interfibrillären hyalinen Grundmasse erkennbar ist. Beim Rehe dagegen dringt der faserhaltige Theil mit seinen zahlreichen und dichten Netzen, zu einer scheinbar rein filzigen Masse verwandelt, bis ganz in die Nähe der Knorpelhöhle vor, und formirt scheinbar einen Hohlraum, in welchem die Knorpelkörperchen mit dem faserfreien Theil der Grundmasse eingebettet sind. Hier treten in auffälligster Weise jene ringförmigen Erscheinungen hervor, welche die Annahme selbstständiger Kapseln bei vielen Histologen begünstigt haben, und dies um so mehr konnten, weil auch eine theilweise mechanische Trennung beider Bestandtheile durch ihr sehr verschiedenes elastisches Verhalten erleichtert wird. An geeigneten feinen Schnitten ist auf das Bestimmteste nachzuweisen, dass die dünne Schicht faserloser hyaliner Grundsubstanz ohne irgend eine Spur einer Sonderung oder Begrenzung in die hyaline Substanz zwischen der Filzmasse übergeht.

7) Unter den verschiedenen Ohrknorpeln der Thiere ist besonders der der Nager, namentlich des Hasen, durch seine sehr sparsamen elastischen Elemente und seinen Fettreichthum ausgezeichnet, währénd kapselartige Bilder durch die verschiedene Grösse der geschrumpften Zellen und der sie umschliessenden Knorpelhöhlen erzeugt werden können.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Senkrechter, mit Liq. Ammon. caust. behandelter Schnitt aus dem Ohre eines 4—5 monatlichen menschlichen Foetus. — a Uebergangs- und Grenzschicht des Knorpels gegen das Perichondrium hin. b Mitte des Gewebes, von zahlreichen, oft geschlängelten, feinen ela-

stischen Fäserchen durchzogen. c Stelle, wo der Liquor Ammon. caustic stärker eingewirkt und die Zellen fast bis zur Unkenntlichkeit der Contouren aufgebläht hat. —

Fig. 2. Aus dem Ohrknorpel des erwachsenen Rehes. A feinerer Schnitt, senkrecht auf die Fläche. a oberflächliche Schicht des Knorpels, nahe dem Perichondrium, von feinen discreten elastischen Fasern durchzogen b tiefere Schicht, in der die Fasern ein dichtes Flechtwerk bilden. B gröberer, nur nach den Seitenrändern zu feinerer Schnitt mit besonders deutlicher ringförmiger Zeichnung der Knorpelkörperchen. c isolirte Knorpelkörperchen mit ihrer hyalinen Umgebung und Resten der elastisch-fasrigen Zwischensubstanz. b frei mit der sog. „Kapsel" an der Oberfläche als Kugelsegmente hervorragende Knorpelknörperchen. e aus den Knorpelhöhlen herausgefallene isolirte Knorpelkörperchen ohne hyaline Umgebung. f Stelle, wo der Schnitt so allmälig feiner wird, dass nunmehr die Reste der hyalinen intrafibrillären Substanz bemerkt werden, in denen man die körnigen Reste der durchschnittenen Fasern erblickt. Man erkennt hier den continuirlichen Zusammenhang der zunächst der Knorpelhöhle gelegenen hyalinen Schicht mit der Grundsubstanz. Nach innen zu wird der Schnitt dicker, und somit die Contour der Ringe allmälig nach dieser Richtung zu schärfer. g Zersprengte hyaline Umgebung eines Knorpelkörperchen mit letzterem.

Ueber Pflüger's Versuch die Abhängigkeit des elektrotonischen Erregbarkeitszuwachses von der Zeit zu bestimmen und über einen neuen Versuchsplan zur exacten Ermittelung derselben.

Vorläufige Bemerkungen

von

JOH. CZERMAK.

Die Anordnung seines sinnreichen Versuches beschreibt Pflüger bekanntlich („Physiologie des Elektrotonus" Berlin 1859 S. 442) folgendermaassen:

„Ich präparire zwei stromprüfende Schenkel von demselben

Frosche. Den Nerven des einen Schenkels lege ich mit dem Plexus sacralis auf ein Elektrodenpaar von 4 Mm. Spannweite, so aber, dass die intrapolare Strecke vom Querschnitt etwa 8—10 Mm. noch entfernt ist. Dieses Elektrodenpaar steht mit einer nicht geschlossenen Volta'schen Säule 5-6 von Grove'schen Elementen in Verbindung. Man denke sich nun diesen Ischiadicus horizontal sanft ausgespannt und zwischen Muskel und dem genannten Elektrodenpaar, welches ich fortan das erste nennen will, ein zweites Elektrodenpaar von gleicher Spannweite wie das erste angebracht. Die zwischen beiden intrapolaren Strecken gelegene Länge des Nerven sei = 5 Mm. Das zweite Elektrodenpaar besteht nur aus zwei geraden, mit einander durchaus parallelen, horizontalliegenden, sonst isolirten Platindrähten. Ueber die beiden anderen noch freien Enden dieser Platindrähte brückt man dann den Nerven des zweiten stromprüfenden Schenkels, welcher ganz durch Glas und Luft isolirt ist, wie der erste."

„Die Spannweite des zweiten Elektrodenpaares am zweiten Nerven sei gleich der am ersten Nerven und umfasse genau dieselbe Stelle bei beiden, so dass also bei beiden die intrapolare Strecke gleich weit entfernt ist vom Muskel. Wir wollen, wie man sieht, secundäre Zuckung hervorbringen und zwar durch einen Strom, welcher durch den ersten Nerven in aufsteigender Richtung geschlossen wird. Der zweite Nerv werde demgemäss so über die Platindrähte gelegt, dass der Strom der säulenartigen Polarisation in aufsteigender Richtung in denselben eintritt. Unsere Betrachtung war nun folgende: Mit dem Augenblicke der Schliessung des polarisirenden Stromes der Säule werden zunächst die intrapolaren Moleküle in den elektrotonischen Zustand übergeführt, und dann erst breitet sich von Querschnitt zu Querschnitt die säulenartige Polarisation über die extrapolaren Strecken aus. Sobald sie in die Strecke des zweiten Elektrodenpaares eingebrochen sein wird muss sich augenblicklich ein mächtiger Zweigstrom durch diesen Kreis und also auch durch den zweiten Nerven ergiessen. Der Muskel des zweiten Nerven giebt demgemäss eine kräftige Zuckung an. Derselbe Strom aber, welcher den zweiten Nerven

durchfliesst, strömt auch durch den ersten an genau derselben Stelle, mit genau derselben Dichte, in genau derselben Richtung. Die Curve seiner Dichtigkeit, auf die Zeit bezogen, ist endlich genau dieselbe."

„Wenn nun zu der Zeit, wo in dem ersten Nerven die säulenartige Polarisation bis in die Strecke des zweiten Elektrodenpaares vorgerückt ist, die Erregbarkeit sich noch nicht verändert hätte, so müsste die zweite Strecke durch den Polarisationsstrom genau so erregt werden, wie dies beim zweiten Nerven in der That der Fall ist."

„Der starke aufsteigende polarisirende Strom giebt selber .... keine Schliessungszuckung. Falls also jetzt bei Schliessung des starken Stromes keine Zuckung des primär erregten Schenkels erscheint, obwohl der zweite Schenkel secundär zuckt, so ist es klar, dass zu der Zeit, wo der Polarisationsstrom durch die zweite Strecke des ersten Schenkels fliesst und den zweiten Schenkel zum Zucken bringt, auch bereits die Erregbarkeit in der zweiten Strecke des ersten Schenkels so weit herabgesetzt ist, dass der Polarisationsstrom, der den zweiten erregt, den ersten ganz ruhig lässt. In der That sieht man beim Schliessen der Säule nur secundäre ohne primäre Zuckung." —

Aus diesem Versuchsergebniss schliesst nun Pflüger, dass „die Veränderung der Erregbarkeit nach der Schliessung des polarisirenden Stromes gewiss nicht langsamer eintritt, sich über den Nerven mit gewiss nicht geringerer Geschwindigkeit verbreitet, als jene Veränderungen thun, von welchen der Strom der säulenartigen Polarisation herrührt." —

Dieser Schluss ist jedoch, wie ich glaube, durchaus nicht mehr bindend, seit v. Bezold die Entdeckung gemacht hat: „dass im Augenblicke der Schliessung schwacher Ströme im Nerven die Erregung nicht sofort eintritt, sondern, dass eine bestimmte von der Stärke dieser Ströme abhängige Zeit verfliesst, innerhalb deren der Nerv für die Erregung vorbereitet wird." (S. v. Bezold: Die elektr. Erregung der Muskeln u. Nerven, Leipzig 1861, pag. 279.)

Im Durchschnitt beträgt nach v. Bezold die Verspätung des Zuckungseintrittes nach Schliessung sehr schwacher auf-

oder absteigender Ströme, welche dem Vorbereitungsstadium entspricht = $^1/_{500}$ Sec.

Es zeigt sich demnach, dass die Zeit der Vorbereitung, welche zwischen der Stromesschwankung und der hierdurch hervorgebrachten Erregung im Nerven verfliesst, einen absolut viel grösseren Werth besitzt, als jene Zeit, welche nöthig ist, damit sich die elektromotorischen Veränderungen nach Schliessung des polarisirenden Stromes, durch eine wenige Mm. lange Strecke des Nerven fortpflanzen, indem ja nach Helmholtz diese Veränderungen von beiden Polen aus mit einer ebenso grossen Geschwindigkeit mindestens als die Reizung nach den extrapolaren Strecken zu sich fortpflanzen sollen.

Die Fortpflanzung der Reizung — (und also auch die Fortpflanzung der elektromotorischen Veränderungen) — durch eine 5 Mm. lange Nervenstrecke — (das ist die Distanz der beiden intrapolaren Strecken von einander in Pflüger's Versuch) — dauert aber nur ungefähr $^1/_{4800}$ Sec.

Man sieht, das Resultat des Pflüger'schen Versuches könnte immer noch dasselbe bleiben, wenn auch die Veränderungen der Erregbarkeit durch den polarisirenden Strom 8mal langsamer einträten und über die extrapolaren Nervenstrecken sich verbreiteten als die elektromotorischen.

Den Schluss, welchen Pflüger aus seinem Versucheresultat im Jahre 1859 ziehen durfte, darf man also jetzt nicht ohne Weiteres mehr ableiten, da er nur in dem Falle gerechtfertigt erscheinen könnte, wenn der zur Reizung der beiden Nerven durch die Platindrähte abgeleitete elektrotonische Zuwachsstrom stark genug wäre, um den Erregungsvorgang momentan auszulösen.

Bei der Wichtigkeit der durch Pflüger's Versuch beabsichtigten Bestimmung, „dass der elektrische Vorgang sich mit derselben absoluten Langsamkeit bewegt, wie der rein physiologische", dürfte die Mittheilung der vorstehenden Bemerkungen und Bedenken wohl gerechtfertigt sein. —

Zur experimentellen Prüfung dieser Bedenken gegen die Beweiskraft des Pflüger'schen Versuchs habe ich folgenden

Untersuchungsplan entworfen und theilweise auszuführen begonnen, ohne jedoch bereits zu irgend einem Abschluss gekommen zu sein.

Wenn ich diesen Plan schon jetzt öffentlich bespreche, so mag dies darin Entschuldigung finden, dass ich voraussichtlich noch längere Zeit durch äussere Umstände verhindert sein werde, denselben selbst durchzuführen.

Meine Idee besteht darin, vier unpolarisirbare Elektroden in derselben Anordnung wie beim Pflüger'schen Versuch an den Nerven anzulegen und durch die beiden oberen Elektroden einen starken, aufsteigenden, polarisirenden Strom genau in demselben Augenblicke in den Nerven hereinbrechen zu lassen, in welchem die beiden unteren Elektroden dem Nerven einen constanten Kettenstrom von grösserer oder geringerer Dichtigkeit oder einen schwächeren oder stärkeren Oeffnungsinductionsschlag als Reiz zuführen.

Die am Pflüger'schen Myographion zu verzeichnenden Zuckungsordinaten würden dann sicher erkennen lassen, ob und wie die Zuckungen nach Schliessung constanter Ströme und jene nach momentanen Oeffnungsinductionsschlägen durch den (gleichzeitig mit der reizenden Dichtigkeitsschwankung) hereinbrechenden polarisirenden Strom verändert werden.

Die der Helmholtz'schen ähnliche Wippe, vermittelst welcher beide Ströme genau in demselben Momente geschlossen werden, müsste jedoch noch die weitere Einrichtung haben, dass man den polarisirenden Strom auch um beliebige, sehr kleine messbare Zeitintervalle früher oder später schliessen könnte als den reizenden, um auch die Zuckungen mit einander vergleichen zu können, die derselbe Reizstrom auslöst, je nachdem er gleichzeitig mit dem polarisirenden Strome den Nerven angreift oder später oder auch früher als dieser.

Man sieht, unsere Anordnung bezweckt, durch die Versuche zu erfahren, in welcher Beziehung das von v. Bezold entdeckte Gesetz der Erregung der Nerven durch den galvanischen Strom zu der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrotonischen Erregbarkeitszuwachses steht und ob sich unsere

Bedenken gegen den Pflüger'schen Versuch ad oculos demonstriren lassen.

Es ist bei Ausführung der Versuche nach unserer Anordnung einerseits zu erwarten, dass Zuckungen, welche bei unpolarisirtem Nerven durch Schliessung sehr schwacher Kettenströme ausgelöst werden, bei polarisirtem Nerven (in der anelektrotonisirten Strecke) aber durch Schliessung derselben reizenden Ströme entweder abgeschwächt oder gar nicht auftreten, selbst dann eine Abschwächung erfahren oder ganz ausbleiben können, wenn der reizende Strom, erst in demselben Moment, ja sogar wenn er merklich früher geschlossen wird als der polarisirende, dagegen dürften andererseits Zuckungen, welche nach momentanem Oeffnungsinductionsschlag oder Schliessung stärkerer Ströme entstehen, nicht nur dann unverändert in Erscheinung treten, wenn der polarisirende Strom gleichzeitig mit dem reizenden den Nerven trifft, sondern selbst dann, wenn letzterer um ein gewisses Zeitintervall später geschlossen wird als ersterer. Durch genaue Messung dieser Zeitintervalle liessen sich die absoluten Zahlenwerthe für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregbarkeitsänderungen finden.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch einen anderen Weg anzudeuten, auf welchem die offene Frage nach der Abhängigkeit des elektrotonischen Erregbarkeitszuwachses von der Zeit unzweideutig und direct zu beantworten wäre — nämlich: die unmittelbare Messung der Geschwindigkeit, mit welcher sich die Erregbarkeitsänderung durch den polarisirenden Strom von Querschnitt zu Querschnitt im Nerven fortpflanzt, vermittelst des Helmholtz'schen Myographiums.

Zur Ausführung dieser Zeitbestimmung würde ich vorschlagen, das durch das Hereinbrechen des polarisirenden Stromes bedingte Anschwellen und Abnehmen des durch chemische oder elektrische Erregung einer gegebenen Nervenstrecke hervorgerufenen Tetanus des Muskels zu benutzen.

Es wäre eben die Zeit zu messen, welche vergeht vom Augenblicke der Schliessung des polarisirenden Stromes bis zum Eintritt der ersten + oder − Schwankung der Tetanus-Curve. —

Der angedeutete Versuchsplan liesse sich wahrscheinlich ebensowohl in der katelektrotonischen als in der anelektrotonischen Nervenstrecke ausführen — was mit Pflüger's Versuch, selbst wenn derselbe als unzweideutig und zu absoluten Messungen geeignet betrachtet werden könnte, bekanntlich durchaus nicht der Fall ist. —

Im December 1862.

Ueber die Mikropyle von *Osmerus eperlanus*.

Von

Dr. Reinhold Buchholz.

(Hierzu Taf. III. B., Fig. 1—4.)

Bei Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Fische, mit welchen ich im verflossenen Frühjahr mich beschäftigte, achtete ich gelegentlich auch auf die Mikropylen der Fischeier, welche mir natürlich sehr häufig sich darboten. Obgleich es nun bei den zahlreichen Untersuchungen, welche über diesen Gegenstand bereits veröffentlicht sind, kaum zu erwarten war, dass sich hierbei noch etwas Neues der Beobachtung darbieten würde, so wurde ich doch an den Eiern von *Osmerus* durch einen Mikrospylenapparat überrascht, welcher wesentlich von demjenigen abwich, was bis dahin von anderen Eiern sich gezeigt hatte. Ich will daher, da die Sache insofern von Interesse erscheinen dürfte, als etwas Aehnliches wohl an Wirbelthiereiern überhaupt nicht bemerkt worden ist, meine Beobachtung in Kurzem hier mittheilen.

Ich erhielt am 11. April ziemlich zahlreiche laichende Exemplare des Stintes, welcher zu dieser Zeit in grosser Anzahl in den Flussmündungen der hiesigen Provinz zu erscheinen pflegt, um mit demselben künstliche Befruchtung vorzunehmen,

Als ich die Eier, unmittelbar nachdem sie dem lebenden Thiere entnommen waren, näher besichtigte, fiel mir sofort eine sonderbare Unregelmässigkeit auf, welche sich nur auf einen besonders auffallend entwickelten Mikropylenapparat beziehen liess. Sämmtliche Eier liessen nämlich an einem Pole eine ziemlich beträchtliche, nach aussen gerichtete, stumpf abgerundete konische Hervorragung wahrnehmen[1]), welche mit ihrer breiteren Basis der Eioberfläche aufsass, woselbst die äussere Begrenzung derselben unmittelbar in die Eikapsel überzugehen, und eine Fortsetzung derselben darzustellen schien. An der etwas verschmälerten, stumpf abgerundeten Spitze mündete der im Inneren des kegelförmigen Aufsatzes befindliche Raum mit einer weiten Oeffnung frei nach aussen. Es liess sich ausserdem schon bei schwacher Vergrösserung an der Basis desselben, da wo derselbe der Eioberfläche aufsass eine kreisförmige, auf der Eioberfläche befindliche Falte wahrnehmen. Betrachtete man nun das Organ bei einer stärkeren Vergrösserung, so zeigte dasselbe eine Gestalt, welche sich am passendsten mit derjenigen eines vulcanischen Kraters vergleichen liesse. Die äussere Wandung schlug sich nämlich an der Spitze in Form einer Duplicatur nach Innen um, und bildete auf diese Weise eine nach der Eioberfläche zugekehrte kraterartige Vertiefung, welche umgekehrt wie das ganze Organ selbst an der Spitze desselben, wo sie frei nach aussen sich öffnete, am breitesten erschien, während sie gegen die Eioberfläche hin allmählig sich verschmälerte. Der Boden dieses Kraters zeigte sich durchaus geschlossen, mit Ausnahme eines kleinen in der Mitte desselben befindlichen, die Dicke der Wandung desselben durchsetzenden Kanales (vgl. Fig. 2 a), welcher ebenso wie die Mikropylenkanäle der Fische eine trichterförmige Gestalt zeigte, indem er sich nach dem Inneren des Eies hin allmählig verjüngte. Es glich dieser kleine Kanal somit vollkommen demjenigen, welcher an den Eiern von *Cyprinus erythrophthalmus*, auf dem Boden des von den Eihüllen gebildeten, nach dem Inneren des Eies hineinragenden Trichters bemerkbar ist, und

1) Vergl. Fig. 1.

die Bedeutung des ganzen Apparates als eines Mikropylenapparates musste somit als unzweifelhaft erscheinen. Die ganze Oberfläche des Eies zeigte übrigens sehr schön jene feine chagrinartige Tüpfelung, wie sie an den Eiern der meisten Fische wahrgenommen wird. Viel deutlicher als bei anderen Fischen konnte man hier die Ueberzeugung gewinnen, dass diese Zeichnung von sehr feinen Porenkanälen herrührt, worüber sich Reichert [1]) noch zweifelhaft aussprach, welches jedoch von Kölliker [2]) bereits für die Eihüllen sehr vieler Fische angegeben worden ist. An der Eimembran von *Osmerus* zeigen nun diese sehr feinen Porenkanäle im Kleinen ganz das Verhalten des Kanals der Mikropyle, indem sie sämmtlich die Form sehr kleiner Trichter besitzen (vgl. Fig. 3), deren erweiterter Theil nach aussen gerichtet ist. Bemerkenswerth nun erschien es, dass die Wandung der eigenthümlichen, den Mikropylenapparat bildenden Hervorragung durchweg dieselben Porenkanäle darbot, wie die übrige Eioberfläche, und zwar zeigten sich dieselben sowohl an der Aussenwandung derselben als auch an der kraterartigen Vertiefung, bis in die unmittelbare Umgebung des Mikropylenkanales. Es musste natürlich diese vollkommene Uebereinstimmung des histologischen Verhaltens meine ursprüngliche Ansicht, dass der ganze soeben beschriebene Apparat nur durch eine Verlängerung der Eihüllen selbst gebildet werde, noch wesentlich unterstützen, und es erschien nun wahrscheinlich, das es sich hier im Wesentlichen um dieselbe Einrichtung handle, als an den Eiern von *Cyprinus erythrophthalmus*, nur dass der von den Eihüllen gebildete, dort in das Innere des Eies hineinragende Trichter hier durch eine zuvorige, eigenthümliche Erhebung derselben an die Oberfläche des Eies gerückt sei; ein Verhalten, welches einigermaassen an die Mikropylenbildung von *Anodonta* zu erinnern schien. —

Zu erwähnen ist schliesslich noch, dass die Wandungen

1) S. Reichert. Müller's Archiv 1856, S. 90.

2) Kölliker: Zur vergleichenden Gewebelehre. Würzb. Verhandl. Bd. VIII S. 82.

der soeben beschriebenen kraterartigen Einsenkung nicht glatt, sondern durch radiär vom Boden derselben aus nach Aussen aufsteigende Faltenbildung gerunzelt erschienen.

Ganz anders gestalteten sich nun diese Verhältnisse, als ich die Eier nach dem Verlauf einiger Stunden wieder beobachtete, nachdem dieselben inzwischen mit spermahaltigem Wasser mehrfach geschüttelt worden waren. Schon vorher hatte ich an einigen derselben einen Umstand bemerkt, der mich einigermaassen in Verwirrung gebracht hatte. Es war mir nämlich erschienen, als ob die oben erwähnte, an der Basis der den Mikropylenapparat bildenden, konischen Hervorragung befindliche, kreisförmige Falte sich allmählig von der Oberfläche der Eikugel abhöbe und sich immer mehr und mehr von derselben entfernte, und dieses liess sich natürlich mit der soeben gegebenen Darstellung auf keine Weise vereinigen. Was mich nun damals in Verwirrung gesetzt hatte, das wurde jetzt mit einem Blicke klar; ich sah ein, dass ich mich in der Auffassung des ganzen Apparates vollkommen getäuscht hatte. Die soeben beschriebene konische Hervorragung an den Eiern war nämlich nicht, wie es anfänglich erschien, von der Eikapsel selber gebildet; diese lief vielmehr in continuo darunter fort und besass durchaus die den meisten Fischeiern zukommende, regelmässige Kugelform, sondern vielmehr von einem eigenthümlich gebildeten, äusseren Anhange derselben. An sämmtlichen Eiern hing nämlich jetzt ein sehr umfangreicher Fortsatz an, dessen Form ich nicht besser als mit einer, im Verhältniss zur Grösse des Eies ganz kolossalen Düte zu vergleichen wüsste (vgl. Fig. 4). Die Grösse dieses sonderbaren, dütenförmigen Anhängsels kam nämlich beinahe überall nahezu dem halben Durchmesser der ganzen Eikugel gleich; und es war dasselbe in der Weise an die Eioberfläche angeheftet, dass der gegen die Eioberfläche gekehrte, trichterartig verschmälerte Theil desselben an der Eikapsel fest ansass, während das nach Aussen gerichtete, sehr viel weitere, freie Ende mit einem freien, scharf begrenzten Rande plötzlich aufhörte. An derjenigen Stelle, wo die Anheftung an das Ei stattfand, gelang es nicht, die Wandung der Düte von der

Eikapsel getrennt zu sehen, so dass sie an dieser Stelle mit derselben unmittelbar verschmolzen zu sein schien. Die Oberfläche der Eikapsel bildete an dieser Vereinigungsstelle nur eine ungemein seichte, tellerartige Vertiefung, in deren Mitte der oben bereits erwähnte, kleine, die Dicke derselben durchbohrende Kanal befindlich war, so dass die äussere Mündung des letzteren frei in den, von den Wandungen der Düte eingeschlossenen Raum mündete. Im Uebrigen besassen die Wandungen der Düte, wie ich wohl kaum zu wiederholen brauche, überall ganz dieselbe Structur als die Eihüllen selbst, und zeigten von der Anheftungsstelle an bis zum freien Rande überall dieselben Porenkanäle wie jene.

Es war nun leicht ersichtlich, auf welche Weise jenes Ansehen entstanden war, welches die Eier zeigten, unmittelbar nachdem sie dem Thiere entnommen waren. Es waren nämlich die Wandungen des eigenthümlichen Anhängsels nach Art einer Halskrause umgebogen gewesen, in der Weise, dass der jetzige freie Rand unmittelbar auf die Oberfläche des Eies zu liegen kam, und so jene kreisförmige Falte auf derselben bildete, welche ich allmählig von der Eioberfläche sich hatte abheben sehen. Die Wandung der kraterartigen Vertiefung war von den der Anheftungsstelle zunächst gelegenen Theilen der Düte gebildet worden.

Der Einwand, welcher sich mir bei dieser Lage der Dinge darbot, es könnte möglicherweise dieses ganze eigenthümliche Gebilde an den Eiern eine Abnormität sein, entstanden durch einen mit der Herausnahme derselben aus dem Fische verbundenen Eingriff, konnte bei näherer Ueberlegung nicht bestehen. Es hätte sich nur denken lassen, dass bei dem Herausdrücken viele Eier zerstört seien, und die leeren Eihüllen auf eine so eigenthümliche Weise mit den Eiern verklebt seien. Doch schon der blosse Umstand, dass sämmtliche Eier, ohne eine einzige Ausnahme (ich hatte gewiss einige Hundert zu Gebot, und zwar nicht allein von demselben, sondern von zahlreichen Individuen) diesen Anhang zeigten, sowie die regelmässige, stets übereinstimmende Form desselben mussten diesen Einwand sofort widerlegen. Denn durch äussere Einflüsse ein Ei gerade

zu halbiren, wie es hätte der Fall sein müssen, würde ohne die Zuhülfenahme einer Scheere wohl schwer gelingen. Dieses und viele andere Umstände, die ich, um nicht weitschweifig zu werden, nicht noch besonders anführen will, da sie sich aus dem oben Mitgetheilten von selbst ergeben, liessen sofort die Unmöglichkeit einer ähnlichen Erklärungsweise erkennen.

Es ist somit anzunehmen, dass die Eier von *Osmerus* einen durchaus von den übrigen Fischen abweichenden Mikropylenapparat besitzen, welcher durch einen äusseren Anhang von auffallender Grösse gebildet wird. Der Mangel an Raum, welcher im Ovarium stattfindet, bedingt es wohl, dass hier jene regelmässige Zusammenfaltung jenes Anhanges eintritt, welche unmittelbar nach dem Herausnehmen der Eier wahrgenommen wird. In Betreff der Function des Organes lässt sich wohl annehmen, dass dasselbe eine Art Trichter bildet, welcher die Spermatozoïden nach dem in seinem Grunde befindlichen Mikropylenkanal zu leitet.

Bei Weitem am Sonderbarsten muss nun aber das Vorhandensein von Porenkanälen, auf dem äusseren Anhange erscheinen. Kölliker hat[1]) die poröse Eikapsel der Fischeier wie es ja auch am Meisten für sich hat, auf eine secundäre Abscheidung der ursprünglichen Dottermembran zurückgeführt, und man müsste hierbei annehmen, dass die Porenkanäle in der Art entstehen, dass durch molekuläre Strömungen des Zellinhaltes die Dottermembran an gewissen Stellen gehindert ist, Substanzen abzulagern. Was sollen nun aber bei dieser Auffassung Porenkanäle auf einem äusseren Anhange des Eies bedeuten? Man muss einräumen, dass dieses auffällige Factum durch jene Annahme nicht erklärt werden kann.

Leider waren die Individuen von *Osmerus*, welche ich untersuchen konnte, nicht mehr geeignet, die Entwicklungsweise des soeben beschriebenen Apparates zu verfolgen, welche vielleicht interessante Aufschlüsse über die Natur der Eihüllen bei den Fischen gewähren könnte.

Von analogen Vorkommnissen liesse sich kaum etwas an-

1) A. a. O. S. 88.

führen, doch möchte ich an das sonderbare, von E. Häckel an den Eiern der *Scomberesoces* entdeckte[1]) System von Fasern erinnern, welche, wie Kölliker nachwies, gleichfalls als äussere Auswüchse der Dotterhaut anzusehen sind, doch stehen diese Gebilde in keinem Zusammenhang mit der Mikropyle.

Wenige Worte habe ich noch über die Mikropylen der Fische im Allgemeinen zu sagen. Reichert, welchem wir die eingehendste Darstellung über die Mikropyle verdanken, hat mit Recht gegen Bruch hervorgehoben, dass bei *Salmo fario* sowohl, wie bei *Leuciscus erythrophthalmus*, keineswegs ein blosser, die Dicke der Eikapsel durchsetzender Kanal vorhanden ist, sondern dass vielmehr die Eihüllen selbst sich in der Art an der Bildung der Mikropyle betheiligen, dass sie eine trichterartige, nach dem Inneren des Eies hervorragende Einsenkung bilden; auf dem Boden dieses Trichters befindet sich denn erst ein viel engerer, die Eihüllen selbst durchbohrender Kanal.

Reichert's Beschreibung von Mikropylen dieser Art ist nichts hinzuzufügen, da sie völlig erschöpfend und genau ist. Kölliker bestätigt einfach Reichert's Angaben, ohne auf eine Darstellung der Mikropylen einzugehen. Indessen hat sich Reichert nicht darüber geäussert, ob er diese Mikropylenform für allen Fischen zukommend ansehe, was bei dem Mangel gegentheiliger Angaben seine Ansicht zu sein scheint. Jedoch ist hervorzuheben, dass eine derartige Mitbetheiligung der Eihüllen, in Form einer Einstülpung nach Innen keineswegs überall vorhanden ist. Es ist wirklich eine Mikropyle in Bruch's Sinne bei sehr zahlreichen Fischen vorhanden, nur eben nicht gerade da, wo Bruch sie beschrieb. Ich werde im Folgenden den von den Eihüllen gebildeten Trichter, wo er vorhanden ist, als „Mikropylentrichter", den in der Dicke der Eihüllen selbst befindlichen Kanal dagegen als „Mikropylenkanal"[2]) bezeichnen. Beide Bildungen sind von einander

1) Häckel: Ueber die Eier der *Scomberesoces*. Müller's Archiv 1855.

2) In diesem Sinne ist der Ausdruck in der obigen Beschreibung angewendet.

gänzlich unabhängig; der Mikropylenkanal ist die allgemeiner vorkommende Bildung, ein Mikropylentrichter kann damit verbunden sein, aber auch ganz fehlen. Hält man nun diese Unterscheidungen fest, so muss man folgende Mikropylenformen unterscheiden:

1) Es ist nichts weiter als ein einfacher Mikropylenkanal vorhanden. Die einfachste Form des Mikropylenapparates ist sehr häufig, ich nenne hier nur *Esox*, *Acerina cernua*, *Abramis brama*, *Blennius viviparus*, von denen ich bestimmte Notizen darüber besitze; sie kommt aber wahrscheinlich noch viel weiter verbreitet vor. An den Eiern dieser Fische ist eine irgendwie wahrnehmbare Einsenkung der Eihüllen an der Stelle des Mikropylenkanales nicht vorhanden; der Mikropylentrichter fehlt mithin hier gänzlich, wie man sich bei der Profilansicht leicht überzeugen kann. Mikropylen dieser Art sind natürlich wegen ihrer Kleinheit (denn der Mikropylenkanal selbst hat selbst bei den grossen Mikropylenapparaten wie z. B. von *Leuciscus erythrophthalmus* nur einen geringen Umfang) am schwersten aufzufinden, da man auf der grossen Eioberfläche mit ziemlich starken Vergrösserungen oft lange herumsuchen muss, bis man sie auffindet. Dass in der That in diesen Fällen nur ein einziger derartiger Kanal vorhanden ist, davon habe ich mich oftmals überzeugt, indem ich die ganzen ausgebreiteten Hüllen eines zerschnittenen Eies durchsuchte.

2) Der Mikropylenkanal ist mit einem Mikropylentrichter verbunden. Die Form dieser Mikropylen ist, wie bereits erwähnt, von Reichert hinlänglich analysirt worden; sie kommt der Mehrzahl der Cyprinoiden (*Abramis brama* macht eine Ausnahme) *Salmonen*, *Gasterosteus* u. A. zu. Die Grösse des Trichters ist sehr variabel; bei *Gasterosteus* ist er z. B. ziemlich klein und ausserdem mit eigenthümlichen Faltenbildungen versehen, so dass auch hier noch mannichfache Eigenthümlichkeiten im Einzelnen sich vorfinden.

3) Der Mikropylenkanal ist mit einem, in seiner Umgebung befindlichen äusseren Anhange der Eihüllen verbunden. Es gehört hierhin nur die oben näher beschriebene Mikropyle von *Osmerus*.

4) Zahlreiche über die ganze Eioberfläche verbreitete Mikropylenapparate. Die vielfach discutirten Porenkanäle von *Perca fluviatilis* für Mikropylen anzusehen, lässt sich, glaube ich, durchaus rechtfertigen, wenn man eben jedes Gebilde dafür ansieht, welches die physiologische Function hat, die Berührung der Spermatozoïden mit dem Eiinhalt zu vermitteln. Uebrigens hat J. Müller, welcher sie entdeckte, an dieser Bestimmung derselben nicht gezweifelt, und wollte man daran zweifeln, so käme man in die Verlegenheit, gerade bei demjenigen Fische, welcher die dicksten und undurchdringlichsten Eihüllen besitzt, keine Mikropylenvorrichtung anzunehmen. Was die von Kölliker und Leuckart angeführte Mikropyle in der porösen Hülle der Barscheier betrifft, über die jedoch von diesen Forschern keine näheren Angaben gemacht worden sind, so ist es mir mit Reichert nicht gelungen, etwas derartiges aufzufinden. Im Uebrigen findet sich an den Eiern von *Perca* eine Eigenthümlichkeit, welche die Vervielfältigung der Mikropyle hier nicht so auffällig erscheinen lassen dürfte, als sie beim ersten Blick es zu sein scheint. Es ist dies die eigenthümliche Verklebung der Eier mit ihren Gallerthüllen, die bekanntlich in so grosser Ausdehnung stattfindet, dass ein sehr grosser Theil der Eioberfläche der Berührung der äusseren Medien entzogen ist. Bestände nun hier ein derartiger, einzelner Mikropylenapparat, wie in den vorher angegebenen Fällen, so würde es wahrscheinlich sein, dass er bei einer grossen Anzahl von Eiern verschlossen, mithin seine Function vernichtet würde. Eine Vervielfältigung der Mikropylen erscheint daher hier als ein physiologisches Postulat.

Kölliker's Beobachtungen über die Entwickelung dieser Kanäle aus kernhaltigen Follikelzellen, die in die Gallerthülle hineinwachsen, erlauben es nicht dieselben mit den Mikropylenkanälen der übrigen Eier zu identificiren. Es sind vielmehr Gebilde durchaus sui generis, nur in ihrem physiologischen Werth den übrigen Mikropylen gleichzusetzen.

In Kurzem möchte ich noch eine Beobachtung hier mittheilen, welche mit dem Vorigen in keinem Zusammenhange

steht, und welche sich ebenfalls bei meinen entwickelungsgeschichtlichen Studien mir darbot. Es betrifft dies das ungemein frühzeitige Auftreten von formveränderlichen Pigmentzellen bei manchen Fischembryonen. Im Frühjahr 1861 verfolgte ich die Entwickelung von Embryonen eines Cyprinoïden, dessen Eier mit fast ausgebildeten Embryonen ich in Menge gefunden hatte, doch entwickelten sie sich nicht soweit, dass die Art hätte bestimmt werden können. Wenige Tage nach dem Ausschlüpfen (am 2. oder 3.) hatten die Pigmentzellen der Haut bereits eine starke Verzweigung und eine beträchtliche Grösse erlangt. Es zeigten nun manche dieser Embryonen, bereits mit blossem Auge betrachtet, ein viel helleres Aussehen, und es fanden sich bei näherem Zusehen hier statt der verzweigten Zellen meistens nur kreisrunde schwarze Flekken vor. Hr. Prof. v. Wittich, welchem ich diese mir auffällige Erscheinung zeigte, leitete mich auf die Vermuthung, dass es formveränderliche Pigmentzellen seien, und es bestätigte sich diese Vermuthung, indem sich in der That bei ein und demselben Individuum Formveränderungen der Zellen zeigten. In diesem Frühjahr habe ich fast ausschliesslich Hechtembryonen beobachtet und kann mittheilen, dass bei diesen ein so frühzeitiges Auftreten von formveränderlichen Pigmentzellen nicht stattfindet, denn ich sah hier niemals contrahirte Zellen, obwohl ich sehr darauf achtete. Es scheint also, dass die Ausbildung der formveränderlichen Pigmentzellen hier viel später erfolgt.

In den Schwanzflossen der erwachsenen Fische sind diese Pigmentzellen leicht nachzuweisen; ich habe sie durch elektrische Reizung bei einigen Cyprinoïden sich contrahiren sehen, auch theilte mir Herr Prof. v. Wittich mit, dass er dieselben bei kleinen Individuen von *Platessa flesus* sehr schön wahrgenommen habe, so dass ihre Verbreitung bei Fischen wohl sehr allgemein ist.

Es scheint mir ein derartiges frühes Auftreten der formveränderlichen Pigmentzellen in der Beziehung von Interesse zu sein, als bei kürzlich aus dem Ei geschlüpften Embryonen die Haut noch ganz aus äusserst zarten zelligen Bildungen be-

steht, von unlöslichen Bildungen also in derselben wohl noch nichts vorhanden ist. Es dürften also die beschriebenen Pigmentzellen die ersten contractilen Bildungen sein, welche in der Haut der Fische auftreten.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Reifes Ei von *Osmerus eperlanus*, unmittelbar nach der Entleerung.

Eig. 2. Der Mikropylenapparat, stärker vergr.

Fig. 3. Ein Stück der Wandung des dütenförmigen Anhanges, die Porenkanäle zeigend.

Fig. 4. Ein Ei, an welchem sich das Anhangsgebilde von der Eioberfläche abgehoben und völlig ausgebreitet hat.

Antikritik.

Von

Dr. Fr. Goltz,

Prosector zu Königsberg i. Pr.

Im 4. Hefte des Jahrgangs 1862 dieses Archivs hat Herr Julius Bernstein, Cand. med., über meine die Physiologie der Herzbewegung betreffenden Abhandlungen[1]) zu Gerichte gesessen und auf vier kurzen Seiten die Früchte meiner Arbeit als „vollkommen illusorisch", als „undenkbar" und „unmöglich" verurtheilt. Ich werde den Nachweis führen, dass die „Illusionen" diesmal wesentlich auf Seiten der Kritik heimisch sind.

Herr Bernstein findet, dass ein ausgeschnittenes Froschherz in reinem Wasserdampf noch etwa eine Stunde weiter-

1) Siehe Virchow's Archiv den 21. und 23. Band.

schlagen kann und wähnt mit dieser Thatsache meine Ansicht, dass im Blute der Reiz für die normale Herzbewegung zu suchen ist, widerlegen zu können. Wenn Herr Bernstein meine Abhandlungen wirklich wenigstens aufmerksam durchlas, so durfte er in seinem Versuch Nichts meinen Angaben Widersprechendes finden. Wie gleich aus meinen ersten Versuchen hervorgeht, war es mir wohl bekannt, dass ein ausgeschnittenes vollständiges Froschherz unter Oel noch gegen eine Stunde weiter schlägt. Ich wusste also, dass ein vollständiges, vom Blutkreislauf des Körpers losgetrenntes und dem Reiz der atmosphärischen Luft entrücktes Herz noch einen Bewegungsreiz in sich tragen musste. Schon aus Tiedemann's und Castell's Versuchen, die ja Herr Bernstein kennt, wusste ich ferner, dass das Herz in Gasen, die nicht gerade positiv schädlich wirken, wie in Stickstoffgas und Wasserstoffgas, noch einige Zeit pulsirt. Danach gehörte gerade keine Sehergabe dazu, um a priori zu schliessen, dass das Herz auch in Wasserdampf, der gewiss unschädlich ist, noch eine Weile weiter schlagen könne. Ich habe aber nicht bloss gewusst, dass zur Fortsetzung der Pulsationen des Herzens ausserhalb des Körpers, es des Luftreizes nicht unbedingt bedürfe, ich habe auch ausführlich eine Erklärung davon zu geben gesucht. Der im losgetrennten Herzen verbliebene Blutrest reicht nämlich hin, um noch eine Zeit lang als Reiz auf den sehr empfänglichen Sinus cordis zu wirken und andauernd Bewegung anzuregen. Erst wenn das Herz absolut blutlos gemacht wird, oder wenn das Blut eine schädliche Aenderung seines Gasgehalts u. s. w. erleidet, erst dann giebt der Sinus cordis und damit auch das übrige Herz seine Bewegungen auf. — Wenn sonach Herr Bernstein mit seinem Versuch zur Bewegungsfrage des Herzens etwas wesentlich Neues beizubringen und durch ihn meine Theorie zu ersticken vermeint, so ist das lediglich eine „Illusion".

Herr Bernstein beleuchtet darauf einen von mir angestellten Versuch. Ich habe gefunden, dass, wenn man unter gewissen Vorsichtsmaassregeln die Medulla oblongata eines in Oel getauchten Froschpräparats mit allmählig verstärkten In-

ductionsströmen reizt, es häufig gelingt, das Herz nicht bloss vorübergehend, sondern für immer zum Stillstande zu bringen. Aus diesem Versuch habe ich den Schluss gezogen, dass die Auffassung von einer während des Stillstandes stattfindenden Aufspeicherung bewegender Kräfte unhaltbar ist; denn diese mystischen aufgesammelten Kräfte müssten doch endlich zur Geltung kommen und dürften sich doch nimmermehr für ewig ausschweigen. Der lebensfeindliche Einfluss der Oelumhüllung konnte nicht wesentlich sein, denn er ist dem gereizten also activ sich erschöpfenden Vagus ja ebenso schädlich wie den inzwischen sich sammelnden automatischen Kräften. Mein Kritiker erklärt zunächst, dass der Hergang, wie ich ihn in dem erwähnten Versuch dargestellt habe, eine „Unmöglichkeit" in sich schliesst. Wenn Herr Bernstein sich die Mühe genommen hätte, meine Behauptungen experimentell zu prüfen, so würde er vielleicht, wie das in der Naturwissenschaft ja nicht so selten vorkommt, in die Nothwendigkeit versetzt sein, das von vornherein „Undenkbare" und „Unmögliche" für wirklich, also auch für vernünftig und denkbar zu nehmen. Er hätte sich vielleicht davon überzeugt, dass mein Versuch von Thatsachen handelt. Da aber Herr Bernstein nicht einmal in der Lage gewesen ist, meine Abhandlungen genau zu lesen, so kann es mich auch nicht wundern, dass er eine sachliche Prüfung für überflüssig gehalten hat. Einigermaassen befremdet es mich aber dennoch dass derselbe statt des meinigen einen andern Versuch wiederholt hat, der in seiner ungewöhnlichen Trivialität einer nochmaligen Probe füglich nicht unterworfen zu werden brauchte. Herr Bernstein überzeugt sich nämlich, dass der nach Reizung der Medulla oblongata eintretende tonische Krampf der Extremitäten trotz Fortdauer der Reizung bald aufhört. Da nun dieser durch Reizung der Medulla auftretende Krampf kein ewiger ist, so kann auch, wie er schliesst, unmöglich der durch dieselbe Ursache erzeugte Stillstand des Herzens ein ewiger sein. Herr Bernstein überträgt also eine über die Beziehung der Medulla oblongata zu den willkürlichen Muskeln gewonnene Erfahrung ohne Weiteres auf die Beziehung

der Medulla oblongata zum Herzen. Meine Erwiederung darauf ist die, dass eine solche Uebertragung eine unerlaubte und somit die aus ihr gezogene Folgerung eine „vollkommen illusorische“ ist. Wäre Herr Bernstein in der bezüglichen Literatur zu Hause, so müsste er schon von den Untersuchungen Bezold's her wissen, dass die künstliche andauernde Diastole des Herzens schon durch Reizungsformen zu erzielen ist, welche nimmmermehr im Stande sind, einen Muskel in dauernde Contraction zu versetzen. So ist denn andauernde Unterbrechung der Herzpulsationen unter Umständen für weit längere Zeiträume zu erreichen als Tetanus eines willkürlichen Muskels. Die Verkehrtheit einer Gleichsetzung von Tetanus und Stillstand des Herzens gipfelt aber darin, dass der Tetanus eines willkürlichen Muskels unter allen Umständen ein activer Zustand ist, während der Stillstand des Herzens in letzter Instanz einen passiven Erschlaffungszustand darstellt, wenn er auch durch einen activen Nervenvorgang bedingt ist. Die künstliche Unterbrechung der Herzthätigkeit kann unmerklich in den Tod des Herzens übergehen, weil beide Zustände, die Erschlaffung nach Vagus-Reizung und die Erschlaffung durch Tod sich äusserlich gar nicht unterscheiden. Während die Reizbarkeit der Herzganglien durch den Vagus künstlich herabgesetzt wird, erlischt in meinem Versuche bei mangelndem Gasaustausch unter Oel allmählig die Reizungsfähigkeit des Blutrestchens in dem Präparate, und dadurch wird die Wiederkehr der Pulsationen unmöglich. Wie sich übrigens bei dem Versuche die Medulla oblongata verhält, wie lange sie erregbar bleibt u. s. w., diese Fragen waren für meine Zwecke gleichgültig. Ich habe meine Schlüsse gezogen aus der Thatsache des ewigen Stillstandes, und diese Schlüsse halte ich auch heute noch aufrecht.

Herr Bernstein hält also den Versuch für „undenkbar“. Er leistet dann aber noch das für mich allerdings „Unmögliche“, indem er eine Erklärung selbst für das „Undenkbare“ vorräthig hat. Er sagt: „Nehmen wir aber selbst einmal das Undenkbare als richtig an, so würde auch in diesem Falle der Versuch nicht das beweisen, was er soll. Man könnte

dann einfach sagen" u. s. w. Hierauf bemerke ich, dass ich nicht das bekämpft habe, was man Alles noch später zur Erklärung vorbringen könnte; sondern ich habe nur die Theorie widerlegen wollen, wie sie von Autoritäten aufgestellt ist. Wenn mein Versuch beweist, dass eine Aufstauung der „automatischen" Kräfte nicht annehmbar ist, so hat damit die Automatie der Bewegung des Herzens in dem Sinne, wie sie von Volkmann u. A. vertreten wurde, einen Stoss erhalten. Baut sich Herr Bernstein dagegen nun eine Hypothese auf, wie die Automatie trotz fehlender Aufspeicherung zu retten ist, so ist das eben eine neue Hypothese, gegen die zu streiten ich für jetzt keine Veranlassung habe.

Meine früheren Ansichten über die Hypothese Brown-Séquard's von der Beziehung des Vagus zum Herzen habe ich inzwischen in meiner im 26. Bande von Virchow's Archiv erschienenen Abhandlung „Vagus und Herz" bereits selbst berichtigt. Was Bernstein gegen jene Hypothese anführt, erkenne ich gern für begründet an.

Am Schluss legt mir Herr Bernstein unter, ich hätte meine Theorie der Herzbewegung bloss deshalb aufgestellt, weil mit dem Worte Automatie Nichts erklärt sei. Nein, ich habe die Automatie bestritten, weil sie im Widerspruch mit neugewonnenen Thatsachen steht. Es kann keine automatische Herzbewegung geben, habe ich gesagt, weil das Herz unter Verhältnissen für immer zum Stillstande gebracht würde, welche die automatischen Ganglien nicht dauernd lähmen können. Ein Kitzel zum Hypothesenmachen treibt mich nicht. Ich gebe die alten Hypothesen erst dann auf, wenn sie bei der Deutung neuer Erfahrungen im Stiche lassen und zu Widersinnigkeiten führen.

Eine Kritik meiner Arbeiten, und sei sie auch in schonungsloser Form, wird mir stets recht sein. Ich fasse meine Gegner auch nicht mit Handschuhen an; aber man wird mir zugestehen, dass ich erst nach gründlicher sachlicher Prüfung zu urtheilen bemüht bin. Gegen eine Manier, die sich darin gefällt, voreilig abzusprechen, ohne die Sache selbst zu fördern, habe ich geglaubt, mich verwahren zu müssen. Etwaige Weiter-

führung der gegen Herrn Bernstein gerichteten Polemik lehne ich übrigens entschieden ab, da ich, so lange derselbe nichts Neues vorbringt, ein Interesse der Leser an einer blossen Polemik für „vollkommen illusorisch“ halte.

Ueber die neueren Reformen in der Zellenlehre.

Von

C. B. Reichert.

Vorgetragen in der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 15. Januar 1863.

Gestützt auf Schleiden's Untersuchungen der Pflanzenzelle und auf Grundlage eigener Beobachtungen an Thieren stellte Th. Schwann, der Begründer der Lehre von der Zelle, den Grundsatz auf: „dass es ein gemeinsames Entwicklungs-Princip giebt, und dass die Zellenbildung dieses Entwicklungs-Princip ist“. Bei Bildung aller Organe eines Organismus, sowie bei Bildung neuer Organismen äussert sich die productive Kraft in der organischen Natur in folgendem Hauptphänomen: „Es ist zuerst eine structurlose Substanz (Kytoblastem) da, welche entweder innerhalb oder zwischen schon vorhandenen Zellen liegt. In dieser Substanz bilden sich nach bestimmten Gesetzen Zellen, und diese Zellen entwickeln sich auf mannigfaltige Weise zu den Elementartheilen der Organismen“. (Mik. Unters. u. s. w. S. 196). „Die Zellenbildung ist für die organische Natur das, was für die anorganische die Krystallisation ist“ (a. a. O. S. 45).

Früher, so bemerkt Schwann an einer anderen Stelle, gestatteten unsere Kenntnisse von der Beschaffenheit der feineren Structur bei Pflanzen und Thieren den Grundsatz auf-

zustellen, „dass jede Verschiedenheit der physiologischen Bedeutung eines Organes eine Verschiedenheit der Elementartheile erfordert"; man konnte daher auch umgekehrt aus der Gleichheit zweier Elementartheile auf die gleiche physiologische Bedeutung schliessen. Es war ferner zum Theil bekannt und auch vorauszusetzen, „dass sich jede einzelne Art der Elementargebilde auf eine bestimmte und bei physiologisch denselben Gebilden überall gleiche Weise entwickele." Die Art, wie sich die verschiedenen Elementartheile zuerst bilden, schien dabei sehr verschieden. Schwann betrachtete es daher als seine Aufgabe, zu zeigen, dass die Molecüle bei Elementartheilen in der organischen Natur, wie verschieden sie auch sein mögen, „überall nach denselben Gesetzen sich aneinanderlegen", dass überall zuerst Zellen sich bilden, aus welchen die verschiedenen Formen der Elementartheile hervorgehen, und dass darin das gemeinsame Entwickelungsprincip aller Organismen sich zu erkennen gebe (a. a. O. S. 192 u. s. w.). Die entwickelte Zelle aber stelle der Form nach ein Bläschen dar, bestehend aus der festen Zellenmembran, aus dem structurlosen, homogenen oder körnigen, mehr oder weniger flüssigen Inhalt und aus dem meist an der inneren Fläche der Zellenmembran adhärirenden Kerne mit den Kernkörperchen.

Unter „Zellentheorie im weiteren Sinne" versteht Schwann die weitere Entwickelung des oben bezeichneten Grundsatzes über das allgemeine Bildungsprincip für alle Organismen, während die „Theorie der Zelle im engeren Sinne des Wortes" Erläuterungen über die Kräfte zu geben habe, welche den bei der Zellenbildung und Zellenthätigkeit sich kundgebenden Erscheinungen zu Grunde liegen.

Die Lehre von der Zelle enthielt demnach bei ihrer Begründung einen theoretischen Theil, der wie gewöhnlich auch einige Glaubensartikel aufzuweisen hat, und einen empirischen. Im empirischen Theile war vor Allem und zuerst nachzuweisen, dass ein solcher Körper, den man Zelle nannte, auch wirklich überall da vorkam, wo Organismen und Organe entstehen und sich bilden. Die Feststellung der Existenz eines solchen Körpers konnte erfolgen, auch ohne dass man eine genaue Kennt-

niss von seiner Beschaffenheit hatte und also nur nach den mehr in die Augen springenden Erscheinungen an demselben. In zweiter Reihe standen die thatsächlichen Angaben Schwann's: über die chemische, physikalische und morphologische Beschaffenheit der fertig gebildeten Zelle; über die Entstehung und Entwickelung derselben; über die an ihr wahrnehmbaren anderweitigen Lebenserscheinungen; über ihre Verwandlung und Umbildung zu histologischen Formelementen.[1])

Die so wichtige Lehre von der Zelle fand im Allgemeinen einen leichten Eingang, namentlich bei den deutschen Naturforschern. Es bestand ein vielseitig anerkanntes Bedürfniss, für die Organismen, die in chemischer Hinsicht und nach den hauptsächlichsten physiologischen Leistungen so wesentliche Uebereinstimmung darboten, auch etwas Gemeinsames, sie alle Verbindendes in morphologischer Beziehung zu besitzen. Der alte Urschleim, das solide Körnchen, der Schleim und das Korn nebeneinander, selbst das Bläschen, Heusinger's und Dutrochet's, wie geschickt es auch für den stofflichen Verkehr der Organismen eingerichtet sein mochte, genügten nicht als erste organisirte Bildungsform aller Organismen. Es fehlte ihnen ein Etwas, das Wichtigste, es fehlten die Eigen-

1) In der Lebensgeschichte der Organismen, sofern sie Glieder einer Species darstellen, lässt sich ein Zeugungs- und Entwickelungsprocess unterscheiden; durch ersteren wird die indifferente Anlage, der Keim eines Organismus producirt, durch letzteren die Ausbildung dieses Keimes zum reifen, ausgebildeten Zustande herbeigeführt. Bei der Zelle haben wir eine Zellengenesis, in welche aufgenommen werden müssen: der Zeugungsact, durch welchen der Keimstoff für eine Zelle sich sondert, und der schnell ablaufende Entwickelungsprocess, durch den die Bestandtheile der Zelle als einfachster, organisirter, den Pflanzen und Thieren gemeinsamer Bildungsform, entwickelt werden. Von diesem Entwickelungsprocess sind jene Entwickelungs-Veränderungen zu unterscheiden, durch welche die fertig gebildete Zelle im Dienste des sich entwickelnden Organismus specifische Eigenschaften erlangt, und, wie wir sagen, sich histologisch ausbildet. Wer diese beiden verschiedenwerthigen Entwickelungsprocesse nicht trennt oder gar ineinander wirft, hat nach meinem Dafürhalten den ersten Grundsatz der Lehre von der Zelle als einer den Thieren und Pflanzen gemeinsamen Bildungsform entweder gar nicht gefasst oder er will ihn nicht anerkennen.

schaften eines lebenden Organismus. Auf der anderen Seite standen als primitive Grundlagen sämmtlicher Organismen die allerdings lebendigen Monaden und Infusorien (Mayer, Oken); allein auch sie befriedigten nicht, weil der thatsächliche Nachweis zu viel Hindernisse darbot, weil die Monade zu transcendent, das Infusor aber zu entwickelt und thierisch war. In der elementaren organischen Zelle wurde uns ein Körper vorgelegt, dessen Existenz sich schon vielfach bei Pflanzen, aber auch bei Thieren kundgegeben hatte, und der durch Schleiden und Schwann zu einem mit Lebenseigenschaften ausgerüsteten, unmittelbar aus structurlosem Kytoblastem hervorgehenden, organisirten Formelement gemacht wurde. Die Zelle zeugt, sie ernährt sich, sie wächst, sie verräth selbstständige Bewegungserscheinungen; sie ist nicht pflanzlich, nicht thierisch, sie kann sich aber zu pflanzlichen und thierischen Organen und Organismen entwickeln; sie ist nicht blos fest, auch nicht blos flüssig, sie bietet den organischen Stoff in beiden Zuständen, in einfachster und für den stofflichen Verkehr, was man wohl eingestehen konnte, höchst zweckmässiger Form dar. Darin lag der Schwerpunkt der neuen Lehre, oder — man konnte auch sagen — der grossartigen Entdeckung; darin das Ueberwältigende gegenüber den voraufgegangenen ähnlichen Versuchen; es war, als ob im Kreise der nothwendigen Bedingungen eines ursächlichen Verhältnisses alle bisherigen Lücken sich plötzlich gefüllt hätten, die volle Wirkung trat ein.

Die Lehre von der Zelle enthielt sowohl im theoretischen als im empirischen Theile nicht unbedeutende Schwächen; auf „Unregelmässigkeiten", sagt Schwann selbst, müsste man bei Aufstellung und Begründung einer solchen neuen Lehre gefasst sein. Johannes Müller, der mit scharfem, nicht einseitigem, sondern Alles umfassendem Blicke schon beim Erscheinen der Schleiden'schen Abhandlung die volle Tragweite der grossartigen Entdeckung übersah, hat sofort (Hdb. d. Phys., Bd. II, S. 644) auf den bedenklichen Versuch hingewiesen, das Verhältniss der Zelle zu den pflanzlichen und thierischen Geschöpfen auf dem von Schwann begünstigten atomistischen Standpunkte aufzunehmen und zu behandeln (vgl.

Jahresb. über die Fortschr. d. mik. A.; Müller's Archiv Jahrg. 1855 und 1856, Einl.). Ich selbst — man gestatte mir diesen Hinweis, da man mich so gern als blinden Anhänger der neuen Lehre hinzustellen bemüht gewesen ist — ich selbst also bin in meinem ersten Jahresbericht vom Jahre 1839 und 1840 sofort gegen das freie Kytoblastem und gegen die exogene Zellenbildung, ferner gegen die Darstellung Schwann's in Betreff der Entstehung der Capillargefässe, der Bindesubstanzgebilde und der elastischen Elemente darin, der Muskel- und Nervenfaser, später gegen die Zellenbildung auf dem Wege des Niederschlags und des Aneinanderlegens um einen Kern oder um ein Kernkörperchen u. s. w. aufgetreten.

Die nunmehr verflossenen fünfundzwanzig Jahre sind angefüllt von Arbeiten achtungswerther Forscher, in welchen der empirische Theil der Lehre von der Zelle mehr oder weniger ausgearbeitet worden ist, ohne dass Klarheit überall und ein Abschluss gewonnen wäre. Wer aber die erste Bildung des Pflanzenembryo im Embryobläschen gesehen hatte, wer es ferner nicht verabsäumte, in Fällen, wo eine genaue Untersuchung möglich war, das Bildungsmaterial ganzer thierischer Organismen oder ihrer Organe in sich furchendem und gefurchtem Bildungsdotter zu studiren: der konnte und durfte in keiner Weise die volle und ungeschmälerte Anerkennung dem ersten und wichtigsten Fundamente der ganzen Zellenlehre, der Thatsache nämlich, dass eine solche erste, gemeinsame Bildungsform, die man Zelle genannt hat, wirklich existire — versagen wollen; der durfte auch nicht ungestraft sich der Einsicht verschliessen, dass es sich in der Lehre von der Zelle um eine grossartige Entdeckung handele; der war endlich dazu berechtigt und wohl auch verpflichtet, die Freude an dem bedeutungsvollen Fortschritt auf dem Gebiete der organischen Naturwissenschaften, weder durch die in der Lehre selbst vorhandenen Mängel, noch etwa durch die Befriedigung des Genusses an einer kleinlichen Kritik sich stören zu lassen.

Gleichwohl hat es zu keiner Zeit an Versuchen gefehlt, theils neben der elementaren, organischen Zelle, theils an Stelle derselben, eine andere, einfacher organisirte Bildungs-

form einzuführen; ich erinnere an die Theorie der Formatio granulosa, an die Kern-, Primitivkörper- und Klümpchen-Theorie u. s. w. Es war unschwer vorauszusehen, dass diese Theorien sich nicht würden halten können. Wenn man das der Untersuchung häufig sehr gut zugängliche Bildungsmaterial der Pflanzen- und Thierembryonen kennt, so lässt sich wohl begreifen, dass sich Controversen über die Beschaffenheit der elementaren, organischen Zellen erheben können; es lässt sich aber nicht wohl zweifeln, dass in der elementaren, organischen Zelle, um mit Th. Schwann zu sprechen, das gemeinsame Entwickelungsprincip der Thiere und Pflanzen gegeben sei.

In der That sind die neueren Versuche, die Lehre von der Zelle zu reformiren, zunächst wenigstens und dem ersten Anscheine nach in der bezeichneten Richtung vorgeschritten. Für Schleiden und Schwann, sowie für uns Alle, war bisher die Zelle ein von der festen Zellmembran gebildetes Bläschen, gefüllt mit einem Inhalte, in welchem ein formloser, mehr oder weniger flüssiger Theil (Zelleninhalt) und ein geformter (der Zellenkern) unterschieden wurden. Durch die Zellengenesis nach Schleiden und Schwann wurde der Zelleninhalt, welcher erst nachträglich zwischen den durch Niederschlag gebildeten Kern und die Zellenmembran hineindringen und so rein zufällig sich einfinden sollte, gegenüber den zuletzt genannten Bestandtheilen der Zelle eine untergeordnete Bedeutung und Stellung eingeräumt. Durch die Zellenbildung an dem Ganzen oder nur an einzelnen Abtheilungen des Mutterzelleninhaltes (incl. des aufgelösten Kernes?), den einzigen bisher genauer verfolgten Modus der Zellengenesis, hatte der Zelleninhalt als formloser, mehr weniger flüssiger Theil neben dem geformten Kern eine seiner Bedeutung entsprechende Berücksichtigung auch bei der Entwickelung des Elementarorganismus erhalten. Ueber die wichtigen und ganz nothwendigen Leistungen, welche dem Zelleninhalt gerade wegen seiner formlosen, mehr weniger flüssigen Beschaffenheit für das Leben des Elementarorganismus, insbesondere in Betreff des Stoffwechsels, anvertraut seien, darüber hat sich Schwann in der gründlichsten Weise ausgesprochen.

Die neueren Reformen in der Zellenlehre machen den Zelleninhalt morphologisch und physiologisch zum Hauptbestandtheil des den Thieren und Pflanzen gemeinsamen Elementar-Organismus und geben ihm eine dieser Aufgabe entsprechende, wenn auch unsichtbare und nur fingirte Organisation; die Membran und der Kern sollen nicht constante Bestandtheile der fertigen lebenskräftigen Zelle sein, sie sollen nur unter gewissen Bedingungen sich einfinden. Von der früheren Klümpchen-Theorie ist diese Hypothese dadurch unterschieden, dass das fragliche Klümpchen organischen Stoffes nur eine Bildungs-Durchgangsform der eigentlichen Zelle darstellen sollte. Es wird sich später zeigen, dass die neueren Reformen der Zellenlehre, obgleich sie anscheinend und ganz unbefangen mit der Beschaffenheit und der Bedeutung der elementaren organischen Zelle sich befassen, in den letzten Consequenzen selbst den von Schwann aufgestellten Grundsatz in Betreff des gemeinsamen Bildungsprincips für Thiere und Pflanzen in Frage stellen und Morphologie, sowie Physiologie in das Gebiet supranaturalistischer Ideen auf atomistisch-mechanischer Grundlage hinüberziehen.

Die neue Lehre von der unsichtbaren Elementarorganisation des organischen Stoffes hat ihre ersten Anfänge schon vor mehreren Jahren kundgegeben. In meinem letzten Jahresbericht über die Fortschritte der mikroskopischen Anatomie im Jahre 1856 (d. Arch. 1857) habe ich bereits darauf hingewiesen, dass die Sarkode-Theorie, wie wenig Haltbares sie in theoretischer und empirischer Hinsicht uns darzubieten vermochte, dennoch nicht ohne Rückwirkungen auf die Zellenlehre geblieben sei. Auf diese Theorie gestützt, die in Wahrheit nur den alten lebenskräftigen Urschleim uns wiederbrachte, war es möglich, die Klümpchen-Theorie aufzustellen. Seit jener Zeit begann man von Contractilität des Zelleninhalts zu sprechen und ohne irgend einen Beweis sämmtliche Contractilitäts-Erscheinungen auf den Zelleninhalt zu beziehen. Auch die contractile Muskelsubstanz musste nun flüssiger Zelleninhalt sein. In der That, es lässt sich geschichtlich begründen, dass die neue Lehre in dem Boden der Sarkode-Theorie ihre ersten

Wurzeln getrieben hat, und dass sich jetzt beide Theorien auf das Freundschaftlichste zur gegenseitigen Unterstützung die Hände reichen. Die weitere Entwickelung der neuen Lehre wurde indess auch durch andere Umstände begünstigt und sogar durch einen der wichtigsten bis zur Blüthe gefördert. Nur obenhin sei der ausserordentlichen Schwierigkeiten gedacht, mit welcher die mikroskopischen Forschungen beim Nachweise der Zellenmembran, in manchen Fällen auch des Zellenkerns, desgleichen der Umwandlung der Zellen in histologische Bestandtheile u. s. w. zu kämpfen hatten und noch gegenwärtig haben. Auch darf auf die selbst gegenwärtig noch nicht völlig gehobene Unsicherheit hingewiesen werden, in welche die Zellenlehre dadurch gerathen ist, dass die eigentliche Zellenmembran der Pflanzenzelle und deren Beziehung zur Cellulosekapsel als Controverse besteht. Den wichtigsten Einfluss jedoch auf die Begründung der neuen Lehre von der Elementarorganisation des organischen Stoffes hat diejenige Theorie in der Physiologie gehabt, welche sich, um kurz zu sagen, als Physiologie der Atome angekündigt hat. Dass eine solche Physiologie die bisherige Morphologie (die Grundlage der anatomia animata) nicht befriedigen könne, ist weiter keine Frage, aber auch glücklicher Weise kein Vorwurf; dass sie ferner Postulate haben und aufstellen werde, auf welche einzugehen die Morphologie ganz ausser Stande sein würde, war vorauszusehen; dass sie endlich in der Sarkode-Theorie den geeignetsten Boden für ihre morphologischen Speculationen gefunden habe, wird dereinst von der Geschichte der organischen Naturwissenschaften zu registriren sein.

Es sind in den beiden letzten Jahren zwei Abhandlungen erschienen, welche die Reform der Zellenlehre in der oben bezeichneten Richtung anbahnen und die Nothwendigkeit derselben zu erweisen versucht haben: die eine und erste wurde von M. Schultze unter dem Titel: „Ueber Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe“ (Reichert's u. du Bois-Reymond's Arch. 1861, S. 1—28), die zweite von E. Brücke mit dem Titel: „Die Elementarorganismen“ (Bd. XLIV d. Jahrg. 1861 der Sitzungsb. d. mathem.-naturwiss.

Classe d. Kais. Acad. d. W. zu Wien) veröffentlicht. Auch Lionel S. Beale hat sich in seinen Vorlesungen über die Structur der einfachen Gewebe des menschlichen Körpers u. s. w. (übersetzt und mit Zusätzen des Verfassers herausgegeben von J. Victor Carus, Leipzig 1862) der neuen Lehre mit einigen Modificationen angeschlossen. Der Verfasser behandelt die Angelegenheit mehr als eine solche, die bereits zu Ungunsten der Zellenlehre entschieden sei, auch ist ihm die deutsche Literatur über die angeregte Controverse, wie es scheint, nur im beschränkten Maasse zugänglich gewesen, selbst die Abfassung ist wohl für einen in der feineren Anatomie wenig bewanderten Zuhörerkreis berechnet. Aus diesen Gründen glaube ich der Mühe überhoben zu sein, näher auf den Inhalt dieses Werkes einzugehen.

Dagegen bin ich der Ueberzeugung, dass die von M. Schultze begonnene und von E. Brücke weiter entwickelte Reform der Zellenlehre in diesem Archiv nicht ohne kritische Beleuchtung bleiben dürfe, sofern sich begründete Bedenken nachweisen lassen. Ich habe mich nur schwer zu dieser Aufgabe entschlossen; ich kenne aus langjähriger Erfahrung, wie unerfreulich und undankbar das Geschäft eines Kritikers ist. Auf die Abhandlung M. Schultze's bin ich, unerachtet ihm von mehreren Seiten der Beifall nicht gefehlt hat, nur der Vollständigkeit wegen eingegangen; Remak hat sie bereits in diesem Archiv besprochen.

Die hauptsächlichste Veranlassung zu den folgenden kritischen Bemerkungen gab die Abhandlung E. Brücke's. Dieser hochgeschätzte Forscher fordert nicht nur, dass die Histologen seine neue Lehre prüfen mögen, er erklärt auch (S. 405), dass das Anklammern an die früheren Lehren von der Zelle für die weitere Entwickelung der Histologie geradezu schädlich wirke. Unter solchen Umständen darf man nicht schweigen, sofern man der Ueberzeugung ist, dass die neue Lehre weder in Schrift noch in Wort auf Anerkennung zu rechnen habe.

Was man eine Zelle zu nennen hat, nach M. Schultze.

M. Schultze wird durch die Frage, was ein Muskelkörperchen sei, zu derjenigen hingeleitet, was man eine Zelle zu nennen habe; dass auch die von ihm besonders vertretene Sarkode-Theorie dabei im Spiele ist, geht erst später aus der Abhandlung hervor. Er beginnt daher mit einer Darstellung der Genese des primitiven Muskelbündels oder genauer der Füllungsmasse desselben, da keine Rücksicht auf diejenigen Entwickelungserscheinungen genommen ist, welche auf die primitiven Scheiden, auf andere Bindesubstanzgebilde und Bestandtheile des Muskels in der Nähe der contractilen Substanz sich beziehen, und deren Vernachlässigung bereits einen wahren Wirrwarr in die Genese der gestreiften Muskelfaser gebracht hat. Es wird überhaupt nicht eine Reihe von neuen, zuverlässigen Beobachtungen gegeben, sondern nur eine an die Remak'sche Darstellung sich anschliessende Ansicht über die Entstehung des betreffendes Gebildes.

Das primitive Muskelbündel soll aus einer einzigen Zelle — selbstverständlich ohne Membran — hervorgehen. In der zu einem cylindrischen oder spindelförmigen Gebilde auswachsenden Muskelzelle vermehren sich — der Verf. meint durch Theilung — frühzeitig die Kerne, bald unregelmässig, bald in der Längsaxe geordnet. Der gleichzeitig sich vermehrende körnige Inhalt der Zelle — Protoplasma genannt — verwandelt sich in die contractile Fibrillen-Substanz, indem die Körnchen schwinden, die Substanz durchsichtig wird, und Längs- und Querstreifung erscheint. Das Protoplasma forme sich dann durch innere Veränderungen in Disdiaklasten und ihre Gruppen die Sarcous elements als doppeltbrechende Körperchen, die sich zu stäbchenförmigen Fibrillen gruppiren, während ein weicherer, nicht doppeltbrechender Theil des Inhaltes die Verkittung übernimmt, — Alles genau so, wie es die Brücke'sche Hypothese über die Textur der contractilen Substanz verlangt. Es bleibt aber noch ein Rest nicht verwendeten Protoplasma's (Zelleninhalt) zurück, und dieser finde sich zum Theil als

Zwischensubstanz zwischen den Fibrillen vor, zum Theil als Kerne, umhüllt von grösserer oder geringerer Menge Protoplasma's. Letztere sind die Muskelkörperchen. Wie sind nun diese Körperchen zu deuten? (S. 8). Wenn man bisher darüber nicht einig geworden sei, so rühre dies grösstentheils davon her, dass unter den Histologen keine Uebereinstimmung über das bestehe, was man eine Zelle zu nennen habe.

Folgendes ist nun der Gang, der als wissenschaftlicher Beweis zur Begründung der neuen Reform in der Zellenlehre gelten soll. Die vielen Controversen in der Histologie lehren, dass die alte Annahme, die Zellen seien bläschenförmige Gebilde mit Membran und einem formlosen und einem geformten (Kern) Inhalte, nicht mehr genüge, „es sei Zeit, etwas Neues an Stelle des Alten zu setzen", d. h. also zunächst, es ist ein überall gefühltes, dringendes Bedürfniss zu reformiren da. Ich will, da dieser Anfang wohl viele Histologen überraschen wird, das Bedürfniss klarer herausstellen, als es in den obigen Worten geschieht. Es giebt unter den Forschern, welche die Existenz des Zellenkörpers nicht läugnen, eine Partei, welche die Zellenmembran als einen constanten, wenn auch häufig der unmittelbaren Demonstration sich entziehenden Bestandtheil der lebenskräftigen Zelle ansahen, und eine andere, welche die Anwesenheit der Zellenmembran in vielen Fällen ohne exacten Beweis geläugnet haben; zu den Letzteren gehören namentlich auch die Anhänger der Sarkode-Theorie und einige Physiologen mit Rücksicht auf die von ihnen aufgestellten sogenannten Postulate. Für diese ist nun allerdings ein dringendes Bedürfniss vorhanden, etwas Neues an Stelle des Alten zu setzen, d. h. einen wissenschaftlich begründeten und so gesicherten Boden zu gewinnen, auf welchem die constante Anwesenheit der Zellenmembran an einer lebenskräftigen Zelle in Abrede gestellt werden kann. Dies war die Aufgabe derjenigen, die in der Zellenlehre nach dieser Richtung hin reformiren wollen. Dass man diese Aufgabe lösen könne, wenn man die Beobachtungen der Gegner als Irrthümer nachweist und die eigenen Ansichten durch neue genügend begründete

Thatsachen zu stützen sich wenigstens die Mühe giebt, — das ist selbstverständlich.

Max Schultze schlägt nun zur Begründung seiner Ansicht von der Reform in der Zellenlehre einen gwiss richtigen Weg ein; er geht auf die histologisch noch nicht veränderten Furchungskugeln, Dotter- und Embryonalzellen zurück, in welchen uns die Zelle so vorliegt, wie sie sich eben gebildet hat. Allein neue Beobachtungen werden nicht mitgetheilt und etwa entgegenstehende gar nicht berücksichtigt. Der Verfasser beschreibt uns vielmehr die Beschaffenheit der bezeichneten Gebilde ganz im Allgemeinen nach der Ansicht seiner Partei. Er nennt die Bildungsdottermasse Protoplasma; nennt sie undurchsichtig wegen des Gehalts an Eiweiss- und Fettkörperchen, ohne darauf zu achten, dass es oft recht durchsichtigen Dotter gebe, und entscheidet sich im Sinne der alten Klümpchen-Theorie dafür, dass die Furchungskugeln keine vom Protoplasma chemisch differente — den Sinn dieses Ausdrucks habe ich nicht verstanden — Grenzschicht oder Lamellen besitzen, und dass sie also „hüllenlose Klümpchen Protoplasma mit Kern" darstellen. Mit diesen Behauptungen ist der wissenschaftliche Streit für ihn entschieden und das dringende Bedürfniss befriedigt. Für Diejenigen, welche etwa danach fragen wie es geschehe, dass die Zellen während des Lebens unter allen Verhältnissen ihre Form bewahren, fügt der Verfasser hinzu: dies erfolge dadurch, dass das Protoplasma seine eigenthümliche (?), von der umgebenden wässerigen Flüssigkeit (?) verschiedene Consistenz besitze, dass es (alle Bestandtheile?) mit dem Wasser sich nicht mische und endlich dadurch, dass sein so zu sagen „centripetales Leben, durch die Eigenthümlichkeit mit dem Kern ein Ganzes zu bilden in einer gewissen Abhängigkeit von demselben" stehe. Ein Verschmelzen der Zellen kann zwar unter Umständen (Embryonalzellen der *Planaria lactea* und *torva*) vorkommen; dies soll jedoch so zu deuten sein, wie es der Verfasser ohne nähere Begründung bei den Bindesubstanzgebilden behauptet, bei welchen die Grundsubstanz aus verwandelten und abgestorbenen Rinden-

schichten des Zelleninhalts der Bindesubstanzkörperchen gebildet sein soll.

Die Abhandlung nimmt jetzt eine Wendung, welche vorauszusehen war, und die, abgesehen von den mitgetheilten factischen Irrthümern, Angesichts des geschichtlichen Verlaufs der Controverse wie eine Petitio principii sich klar darstellt. „Gewebe, gebildet aus zum Theil membranlosen Zellen, die auf dem Punkte stehen untereinander zu verschmelzen, kommen bei den niederen Organismen mehrfach vor"; — es ist die bekannte Sarkode, die aber der Verfasser jetzt Protoplasma nennen will. Als solche „zu vollständig individuellem Leben erhobenen Protoplasmaklümpchen" gelten dem Verfasser die Schleimpilze, die Amöben, die Körpersubstanz der Süsswasserpolypen, die Gewebe mancher Spongien, die complicirtesten Formen der Polythalamien und Radiolarien, deren durchlöcherte Schalen analog den Zellenmembranen, etwa analog der Zona pellucida des Säugethiereies, gehalten werden. Wo ihre Fäden aneinanderstossen, fliessen sie angeblich zusammen. Es versteht sich nach dem Verfasser von selbst, dass man in einen solchen Thierleib nicht höhere Organisationen hineindemonstriren dürfe (S. 19).

Wir sind, sagt der Verfasser nach solchen Behauptungen in wahrhaft überraschender Weise, zu dem Resultat gekommen, „dass recht wichtige, ja die wichtigsten unter allen Zellen membranlos seien, dass sie nur aus einem Kern und einem Häufchen Protoplasma rings um denselben bestehen", und dass die Bildung einer chemisch differenten Membran, wie der Verfasser behaupten zu können glaubt, als ein Zeichen des beginnenden Rückschrittes des Lebens, als ein Zeichen der herannahenden Decrepidität anzusehen sei. Eine Zelle mit einer Membran sei wie ein enkystirtes Infusorium, (von welchem beiläufig bekannt ist, dass es nicht decrepide genannt werden kann), wie ein gefangenes Ungethüm. „Doch lass das ungestüm sich Theilende, von dem noch ungestümeren Kern von Neuem angestachelte Protoplasma seine Hülle sprengen u. s. w. —, und das entfesselte Protoplasma wird zu Manches Schrecken von seiner Freiheit Gebrauch machen" (S. 22). Als

ein Hauptunterschied der Thier- und Pflanzenkörper wird angesehen, dass bei Ersteren auch membranlose Zellen zu Geweben sich verbinden. Die Muskelkörperchen sind hiernach wahre Zellen, d. h. kernhaltige Protoplasmaklümpchen, welche wohl hie und da noch Strahlen zwischen die Fibrillen aussenden mögen.

Zum Schluss erklärt der Verfasser, dass wir nur geringe Fortschritte in der Erkenntniss des Zellenlebens und der Entwickelung thierischer Gewebe machen werden, so lange wir uns nicht auf seine Seite stellen und „in dem Vorurtheil" befangen bleiben, als sei die Membran für die Zelle nothwendig. Für Diejenigen, welche, Angesichts der constant bleibenden Form der Zellen und ihrer Isolirbarkeit ohne Zerstörung, irgend welche Scrupel haben sollten, fügt der Verfasser nachträglich hinzu, dass der Zelleninhalt aller jungen Zellen und bei Thieren gemeinhin während des ganzen Lebens eine „dickflüssigem Schleim vergleichbare, mit Wasser nicht mischbare Substanz sei" (S. 24), ein Ausspruch, der es nicht verhindern konnte, dass der Verfasser unmittelbar auf der folgenden Seite die Untersuchung der Knorpelkörperchen mit Humor aqueus empfiehlt — „um die Integrität der chemischen Beschaffenheit des Protoplasma länger zu erhalten, die sich beim Aufenthalt in Wasser früher oder später, meist natürlich sehr schnell, verliert". Den Namen und die Grundbegriffe über das Zellenleben beabsichtigt der Verfasser nicht zu ändern.

Im Obigen habe ich einen kurzen, aber alles Wesentliche enthaltenden Abriss der Abhandlung, meist mit den eigenen Worten des Verfassers, mitgetheilt. Wer die Arbeit unbefangen, mit Sachkenntniss und mit Beachtung der entgegenstehenden Beobachtungen prüft, wird mir darin beistimmen, dass dieselbe die an sie von der Wissenschaft gestellte Aufgabe nicht gelöst hat. Man kennt die Vorliebe M. Schultze's für die Sarkode- oder jetzige Protoplasma-Theorie, man begreift also, dass der Verfasser ein Bedürfniss haben muss, als constanten Bestandtheil der Zelle jene Membran hinwegzuschaffen, welche selbst dem einfachsten organisirten Körper eine selbstständige und feste Begrenzung im Raume sichert, und die allerdings der

urschleimigen Sarkode-Theorie ein Dorn im Auge sein musste; man begreift es aber nicht, wie M. Schultze mit einer solchen Abhandlung ohne jeglichen Beweis und nur mit Wiederholung alter bekannter, zweifelhafter und sogar unrichtiger Beobachtungen an die Wissenschaft die Forderung stellen konnte, dieselbe solle, seiner Ansicht zu Gefallen, die Zellenlehre reformiren. Ich habe bereits gelegentlich auf gewisse Widersprüche und auf Unhaltbares oder wenigstens sehr Zweifelhaftes im empirischen Theile der Abhandlung hingewiesen; auf des Verfassers Ansicht in Betreff der Bildung der Grundsubstanz in den Bindesubstanzgebilden, auf die Angaben über die Beschaffenheit der Furchungskugelzellen und auf den Versuch für den Zelleninhalt den Namen Protoplasma einzuführen, komme ich später zurück.

Es mag hier aber der Ort sein, zunächst einige Worte über die Sarkode-Theorie hinzuzufügen, aus welcher die neueren Reformen der Zellenlehre nachweislich hervorgegangen sind Im 5. Hefte 1862 dieses Archivs habe ich meine Untersuchungen über die Bewegungserscheinungen an den Scheinfüssen der Polythalamien, insbesondere über das scheinbare Zusammenfliessen derselben und über die sogenannte Körnchenbewegung veröffentlicht. In derselben habe ich nachgewiesen, dass die beiden Erscheinungen, durch welche Dujardin seine Theorie ursprünglich gestützt hat, auf einem optischen Betruge beruhen, dass kein wirkliches Zusammenfliessen der Scheinfüsse stattfinde, und dass die sogenannte Körnchenbewegung nicht durch eine fliessende körnige Substanz, sondern durch eine Contractionswelle an den Scheinfüssen hervorgebracht werde.

Als einen Irrthum muss ich es ferner bezeichnen, wenn M. Schultze die Amöben und Myxomyzeten als Organismen bezeichnet, welche nur aus einem körnerhaltigen, schleimhaltigen, organischen Stoff bestehen. Dem Verfasser ist es wohl bekannt, dass Lieberkühn an den Amöben eine festere hyaline Grenzschicht neben dem körnerhaltigen mehr flüssigen Inhalt des Leibes dargestellt hat, und ich muss hinzufügen, dass ich selbst bei Herrn Cienkowski eine von dem eingeschrumpften körnerreichen Inhalt deutlich abstehende Grenz-

schicht auch bei den Myxomyzeten gesehen habe. Einem unbefangenen und genauen mikroskopischen Beobachter kann es überhaupt nicht entgehen, dass bei den Myxomyzeten nach aussen von der in Bewegung befindlichen körnerhaltigen Substanz eine an dieser Bewegung sich nicht betheiligende Grenzschicht vorhanden ist. Sie giebt sich allerdings in den meisten Fällen nur durch eine einfache, scharf gezeichnete dunkle Contour zu erkennen; diese Contour ist aber constant und unveränderlich neben der vorbeiströmenden Masse. Eine solche Contour ist unvereinbar mit der Vorstellung, dass dieselbe der strömenden Masse selbst angehöre. Diese Grenzschicht kann auch nicht von derselben Beschaffenheit wie der strömende Inhalt sein, da sonst unter den vorhandenen Umständen eine Alteration derselben durch den fortdauernd vorbeifliessenden Strom hervortreten müsste.

Bei den Amöben kann man genau dasselbe wahrnehmen, und zugleich gewinnt man, da der ganze Körper übersehen werden kann, die volle Ueberzeugung, dass gerade die hyaline feine äussere Lamelle die contractile, der fliessende körnige Inhalt dagegen die passiv in Bewegung gesetzte Substanz ist. Die Beobachtungen an den Amöben sind in letzterer Beziehung ausserordentlich lehrreich auch für die Beurtheilung der Bewegungserscheinungen an den Zellen, da man ja erst durch die Sarkode-Theorie auf den Gedanken gekommen ist, die active Ursache der Bewegungserscheinung in dem Zelleninhalt zu suchen und diesen contractil zu nennen. Beim Hervortreten der kleinen durchsichtigen, und keine Körnchen enthaltenden Fortsätze der Amöbe ist es nicht möglich, eine äussere von dem Körncheninhalt gesonderte Hülle zu erkennen, obgleich ich nicht zweifle, dass an der Bildung derselben die äussere Hülle als actives Bewegungselement betheiligt ist. Sobald aber ein solcher Fortsatz an Grösse zunimmt und unter Füllung mit körnchenhaltiger Inhaltsmasse gleichsam den Leib des Thieres allmählig in sich aufnimmt; dann sieht man deutlich eine Contractionseinschnürung, und dass die körnige Inhaltsmasse durch dieselbe, um mich des Ehrenberg'schen Ausdrucks zu bedienen,

wie durch eine Bruchpforte hindurch gepresst werde. Unerachtet der mit einer gewissen Gewalt durch die Pforte sich hindurch drängenden Inhaltsmasse bleibt die dunkel gezeichnete Contour an der eingeschnürten Stelle unverändert; man sieht dieselbe nur allmälig über den Leib des Thieres sich hinwegziehen.

An die Sarkode schliesse ich noch einige Bemerkungen zu des Verfassers Darstellung der Genese des primitiven Muskelbündels, oder richtiger der Füllungsmasse der primitiven Muskelscheide an. Es sind in den letzten Jahren verhältnissmässig viele Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt; ich glaube nicht zu viel zu sagen, wenn ich behaupte, dass sich zwar die Hypothesen vermehrt haben, dass wir aber in der Sache selbst kaum weiter vorgerückt sind. G. Wagener hat im verflossenen Sommer gleichfalls sich anhaltend mit der Genese der gestreiften Muskelfaser beschäftigt; ich habe mich bei dieser Gelegenheit von Neuem überzeugen können, dass wir weit ab von dem erwünschten Ziele stehen, und dass es vor der Wissenschaft nicht gerechtfertigt werden kann, die bisher gewonnenen Resultate irgendwie als Grundlage einer Reform der Zellenlehre zu benutzen. Die Sache steht so, dass wir noch nicht einmal genau bestimmen können, ob eine Fibrille oder alle aus einer Zelle hervorgehen; für die Ansicht vollends, dass der contractile Bestandtheil nur Zelleninhalt sei, lässt sich gar nichts Sicheres aussagen. Das zu sehen, was man gewöhnlich beschreibt und zeichnet, dazu gehört nicht viel. Das Gesehene aber richtig zu deuten und als ein festes Beobachtungsmaterial hinzustellen, dies ist äusserst schwierig. Ein fundamentaler Irrthum geht, wie schon oben angeführt, durch alle neueren Beobachtungen, und dieser besteht darin, dass man die unregelmässig oder in Reihen gestellten, einem Kerne scheinbar ähnlich aussehenden Bindesubstanzkörperchen, die sich gar nicht von den überall in der unreifen Bindesubstanz verbreiteten Zellengebilden unterscheiden, bei der Bildung und Entwickelung der contractilen Substanz selbst verwerthet hat. An den frühsten in Form kurzer, äusserst dünner Fäserchen auftretenden Zuständen der contractilen Substanz ist ein

Kern meist gar nicht, oder doch nur andeutungsweise zu unterscheiden.

Die Elementarorganismen, nach E. Brücke.

Brücke ist zunächst bemüht gewesen, in der Einleitung zu seiner Abhandlung den Leser auf den so zu sagen richtigen Standpunkt zur Beurtheilung seiner Reformbestrebungen zu erheben.

Dieser Standpunkt ist, worauf ich meinerseits zuerst aufmerksam machen möchte, derselbe, auf welchem schon Ludwig eine Reform der Anatomie in höchst überraschender Weise versucht hat (Jahresb. Müll. Arch. 1855, 1856 Einl.); — er ist, wie schon angedeutet, der atomistische. Für das Verständniss der späteren Mittheilungen muss noch hinzugefügt werden, dass der Kreis von Vorstellungen, innerhalb dessen die Verarbeitung der Erscheinungen an den Organismen im Sinne der atomistischen Methode erfolgt, hauptsächlich in der Maschinenlehre zu suchen ist. Der Organismus ist diesen Naturforschern genau wie eine Maschine, nur eine Versammlung mechanischer Ein- und Vorrichtungen, nur ein kunstreich ausgeführtes Aggregat zweckmässig zusammenwirkender Theilchen. Die Ausdrücke „Organismus, Organisation, organisirt, Structur u. s. f.“ können in der Brücke'schen Anwendung auch bei jedem von Menschenhänden kunstreich hergestellten Aggregate, bei jeder Maschine ohne weiteres Bedenken in Gebrauch gezogen werden. Da bei der Maschine die Form und selbst die Qualität des Stoffes einer gewissen freien Auswahl überlassen sind, so lernt man es sehr leicht von Form und Stoff in Gedanken abzusehen, und zuletzt bleibt für die Organisation, was gerade auf atomistische Weise bequem zu verwenden ist, es bleibt nur die Vorstellung von etwas Zusammengesetztem zurück, in welchem irgend ein Baumeister beliebige Kräfte mittelst zweckmässiger Vorrichtungen und bei möglichster Beachtung des Gesetzes der Erhaltung der Kraft nutzbar angelegt hat.

Brücke selbst wünscht zuerst den Namen „Zelle“ in „Elementarorganismus“ umzuwandeln. Wie dieses Wort zu ver-

stehen sei, wird auf der ersten Seite in einer Anmerkung auseinandergesetzt. „Ich nenne, sagt der Verfasser, die Zellen Elementarorganismen, wie wir die Körper, welche bis jetzt nicht zerlegt worden sind, Elemente nennen.“ Dabei soll nicht die Möglichkeit in Abrede gestellt werden, dass die Zellen selbst noch aus anderen, noch kleineren Organismen zusammengesetzt seien, welche zu ihnen in einem ähnlichen Verhältnisse stehen wie die Zellen zum Gesammtorganismus.

Auch Schwann hat für die Zelle sehr häufig die Bezeichnung Elementarorganismus angewendet und dasselbe ist von Seiten seiner Nachfolger geschehen. Allein wohl Niemand ist es beim Gebrauch des Wortes Elementarorganismus in den Sinn gekommen, auch nur entfernter Weise an ein chemisches Element zu denken. Die Zelle ist ja als Elementarorganismus wie bekannt noch in einzelne Bestandtheile morphologisch zu sondern, sie ist also nachweislich zusammengesetzt und bewährt dadurch eine Eigenschaft, die wir bei allen organisirten Körpern kennen gelernt haben, und ohne welche wir uns die organisirte Form überhaupt nicht vorstellen können. Daher mag es mir gestattet sein, die Gründe hinzuzufügen, durch welche alle diejenigen, deren Standpunkt der systematische ist, bestimmt worden sind, die Zelle als einen Elementarorganismus anzusehen. Die Zelle ist uns ein Elementarorganismus, weil dieselbe erfahrungsgemäss unmittelbar aus der formlosen Inhaltsmasse einer Mutterzelle sich bildet; weil ferner erfahrungsgemäss die einfachsten selbstständigen Organismen in der Form einer Zelle auftreten und auch sich entwickeln; und weil endlich erfahrungsgemäss die sogenannten histologischen Formelemente, jene einfachsten organisirten Formbestandtheile entwikkelter Organismen, unmittelbar aus Zellen hervorgehen.

Wie Max Schultze so hat auch E. Brücke es ferner als seine Aufgabe betrachtet, die Leser von der Nothwendigkeit zu überzeugen, dass die Zellenlehre zu reformiren sei.

Hier wird zuerst auf eine Anzahl Fälle hingewiesen, aus welchen, wenn man die Sache ganz genau nimmt, jedenfalls nicht das Bedürfniss zu einer Reform der Zellenlehre, sondern höchstens die Thatsache abzuleiten wäre, dass unsere Kennt-

nisse von der Entwickelung der histologischen Formelemente aus den Dotterzellen noch manche Lücken darbieten. Der Verfasser weist hier darauf hin, dass die von Schwann aufgestellten morphologischen Bestandtheile der Zelle (Membran, Inhalt mit Kern) schon gleich anfangs nur mit Schwierigkeit in die histologischen Formelemente unterzubringen gewesen seien. Ganz abgesehen von den röhrigen (welchen?) und den faserigen (welchen?) Geweben, die aus Zellen entstehen, waren auch Gewebstheile bekannt, die obgleich sie den Typus der Zellen an sich tragen, einen complicirteren Bau als die einfachen Zellen darboten. Dahin rechnet der Verfasser die Flimmerzellen, bei welchen wir bisher in der That keine andere Schwierigkeit gefunden haben, als die, dass wir überhaupt über die Vorgänge in der organischen Materie, durch welche die Contractilitätserscheinungen zu Stande kommen, Nichts wissen; ferner die von Funke und Kölliker beschriebenen Cylinderzellen des Darms, bei welchen Brücke sich eine Schwierigkeit dadurch bereitet, dass er den radiär gestreiften Saum an der Basis, sein sogenanntes Stäbchenorgan, für ein hervorgetretenes Stück Zelleninhalt erklärt. Andere Forscher und ich selbst vermögen in diesem Saum nur eine auf der Basis der Zellenmembran abgelagerte und eingedickte Schleimschicht zu erkennen, die man häufig genug ganz deutlich auf dem continuirlichen Uebergange zu angrenzendem noch völlig zähflüssigem Schleim verfolgen kann. Auch die Zoospermien, besonders die des Salamanders, werden angeführt und ein besonderer Nachdruck darauf gelegt, dass man bisher vergeblich sich abgemüht habe, die einzelnen Bestandtheile der Zellen an ihnen nachzuweisen, obgleich sie als Nachkommen einzelner Zellen erkannt sind.

Dass man bei den Nematoden und anderen Thieren Zoospermien kennen gelernt hat, an welchen der Zellenhabitus deutlich ausgesprochen ist, und dass das geschwänzte Saamenkörperchen nur den von anderen Zellenbestandtheilen zuweilen noch theilweise bedeckten, aus der Zelle selbst aber befreiten, mit einer Cilie oder einem Flimmerlappen versehenen Kern darstelle, scheint dem Verfasser entgangen zu sein.

Eine zweite Abtheilung von Gründen für das Bedürfniss

einer Reform der Zellenlehre scheint aus der Besorgniss hervorgegangen zu sein, dass wir zu blindlings unseren bisherigen mikroskopischen Beobachtungen über die Organisation der Zelle vertrauten. Der Verfasser hält es daher für nothwendig, unsere Schwächen uns vorzuhalten, auf die üblen Folgen des blinden Vertrauens auf die „Dogmen der Zellentheorie" aufmerksam zu machen und so uns für seine Reform zu stimmen. „Was berechtigt uns denn, sagt Brücke, zu glauben, dass in unserem Schema die Organisation der Zelle erschöpft sei." Haben wir doch als Knaben die Quallen nur für Gallertklumpen gehalten und mussten uns später überzeugen, dass selbst eine complicirte Organisation in ihnen vorliege. Wie leicht können sich Bestandtheile bei mikroskopischen Untersuchungen dem Auge dadurch entziehen, dass ihr Brechungsindex von der Umgebung nicht verschieden, oder dass sie zu klein seien. Es sei daher nothwendig, „das geistige Auge nicht gegen das zu verschliessen, was der Beobachtung unzugänglich ist", damit wir nicht „mit Hülfe der Schlagwörter Zellenmembran, Zelleninhalt und Zellenkern physiologische Doctrinen aufbauen, welchen ein kommendes Geschlecht die Anerkennung versagen möchte" (S. 385).

Am Schluss der Einleitung wird nun erläutert, worauf wir unser geistiges Auge zu richten haben; es betrifft die von dem Verfasser postulirte feinere, der directen Beobachtung unzugängliche Structur der Zelle, eigentlich des Zelleninhaltes. Die Nothwendigkeit eines solchen Postulats deducirt Brücke aus den mannichfaltigen Lebenserscheinungen, die wir an der indifferenten einfachen, sowie an der histologisch veränderten Zelle wahrnehmen. Der kleine Organismus ernährt sich, er wächst und erzeugt seines Gleichen, er übt specifische Wirkungen aus, je nachdem er Nervenzelle, Drüsenzelle u. s. w. ist, er zeigt active Bewegungen, Contractionen (S. 386 und S. 401). Die Verwirklichung solcher Lebenserscheinungen könne man sich nicht an einer lebenden Zelle mit homogenem (?) Kern und homogener (fester R.) Membran und einer Eiweisslösung als Inhalt denken, denn wir nehmen dieselben am Eiweisse als solchem durchaus nicht wahr. Wir müssen daher den le-

benden Zellen noch eine andere und in anderer Weise complicirte Structur, ein kunstreiches Bauwerk — ich möchte zur Erläuterung, wie ich glaube, ganz im Sinne des Verfassers hinzufügen —, eine kleine Maschinerie mit Ein- und Vorrichtungen zuschreiben, und das ist was Brücke mit dem Namen Organisation bezeichnen will.

Die Erläuterung über die der unmittelbaren Beobachtung nicht zugängliche Structur der Zellen beginnt nun mit einer Besprechung jener kleinsten Theilchen der Materie, welche, wenn der Körper sich in der Wärme ausdehnt, nicht mehr ihre Grösse, sondern nur noch ihre Lage ändern (S. 386). Diese unter dem Namen Atome bekannten Gedankendinge seien sicher in allen chemisch zusammengesetzten, und wohl auch in den chemisch einfachen Körpern in einer bestimmten Art der Zusammenordnung d. h. Structur gegeben und bilden die bekannten Gedankendinge, welche man Molecüle nennt. Die organischen Substanzen müssen bei ihrem hohen Atomgewicht ein aus zahlreichen Bausteinen (Atomen) zusammengefügtes Molecül besitzen. Allein diese Molecularstructur genügt dem Verfasser für die Zelle nicht. Die zusammengesetzten Molecüle des organischen Stoffes sollen nur die Werkstücke sein, aus welchen der lebendige Bau der Zelle kunstreich zusammengefügt werde, und ihre eigentliche Organisation darstellen. Wir sollen uns ferner die Zelle wie einen kleinen Thierleib (warum nicht wie eine Pflanze?!) denken, in dessen kunstreichem Bau für die verschiedenen Wirkungen verschieden gebaute Theile, wie Organe und Systeme, eingehen. Es werden sich natürlich nicht die Organe und Systeme wiederholen, die wir im menschlichen Gesammtorganismus finden; denn man wisse ja, dass mit der Abnahme der Dimensionen sich die Natur der Mittel ändere, „durch welche die Kräfte der anorganischen Welt dem Organismus dienstbar gemacht werden." Gleichwohl haben wir kein Recht, anzunehmen, dass jeder kleine Organismus minder kunstvoll gebaut sei, als ein anderer von grösseren Dimensionen; und ich möchte noch hinzufügen, dass in der organischen Schöpfung zahlreiche Beispiele (Spitzmaus — Wallfisch) vorliegen, in welchen zwei in der Grösse

ausserordentlich verschiedene Organismen wesentlich übereinstimmende Organisation besitzen.

Ich habe im Eingange meines Berichtes über die Brücke'sche Abhandlung den Standpunkt bezeichnet, auf welchem der Verfasser sich befindet, und der es uns möglich macht, den mitgetheilten Deductionen über die unsichtbare Organisation der Zelle zu folgen, indem wir vorläufig alle unsere weiteren Bedenken niederhalten. Indessen ist doch von Organisation, von Structur, von Organen und Systemen im morphologischen Sinne die Rede, und in dieser Beziehung wird jeder Morphologe in der Darstellung von der Molecularorganisation Brücke's eine höchst fühlbare Lücke gefunden haben. Wo immer von Organisation oder von organisirter Form die Rede ist, da hat man unter keinen Umständen zu vergessen, dass es sich um einen im Raume durch innere Bedingungen begrenzten Körper handele, dass tropfbar- oder elastisch-flüssige Aggregatzustände der Materie für sich allein, wie bekannt, diese Bedingungen nicht erfüllen, und dass die unter den gewöhnlichen Lebensverhältnissen gesicherte Begrenzung der Organisation im Raume, durch einen festen Aggregatzustand der Materie oder durch irgend eine näher begründete Eigenschaft derselben, die ein Gleiches leistet, dargestellt sein müsse. Auf meinem Standpunkte würde ich in die morphologische Vorstellung von Organisation und organisirter Form auch die durch Erfahrung begründeten Eigenschaften aufnehmen, dass hier die Form als eine zusammengesetzte zu denken sei, bei welcher flüssige und feste Zustände der Materie zugleich betheiligt sind, und dass man sich dieselbe nicht wie ein Kunstwerk und als ein Aggregat, sondern als etwas Entwickeltes vorzustellen habe. Obgleich sich diese Forderungen thatsächlich begründen lassen, so müssen wir leider hier völlig davon absehen und uns nur an das nächstliegende und wohl von Allen anerkannte Postulat halten, dass die Organismen in ihrer Organisation die Bedingungen finden, sich unter den gewöhnlichen Lebensverhältnissen im Raume begrenzt zu erhalten.

In dem unsichtbaren molecularen Organisationsplane des

Verfassers, soweit derselbe in der Einleitung sich übersehen lässt, ist dieses für den Morphologen so wichtige Moment gar nicht berücksichtigt. Die Worte fest und flüssig scheinen absichtlich vermieden zu sein; ja wir müssen sogar aus den angeführten Worten, dass der Verfasser sich die Lebenserscheinungen am Eiweisse als solchem im festen oder flüssigen Zustande nicht denken könne, Veranlassung nehmen, die physikalischen Begriffe von den Aggregatzuständen der Materie aus des Verfassers Organisationsplan gänzlich fallen zu lassen. Hiermit stimmt denn auch überein, was uns über diesen Organisationsplan mitgetheilt ist. Brücke geht von einem kleinen Theilchen der Materie, einem Atom aus, von dessen Eigenschaften wir weiter nichts erfahren, als dass es in der Wärme nicht sein Volumen und nur noch seine Lage ändere. Das Atom steht also über allen Aggregatzuständen. Diese Atome gehen in die sogenannte Structur der Molecüle ein, bei welchen unerachtet des angewendeten Wortes „Structur" man sich einen Bau oder eine Begrenzung im Raume nicht denken kann und wahrscheinlich auch nicht denken soll. Das Molecül ist nämlich im Brücke'schen Sinne chemisch gedacht, und da die chemischen Substanzen ohne Veränderung ihrer chemischen Beschaffenheit in allen drei Aggregatzuständen auftreten können, so folgt, dass man sich das Molecül weder fest noch gasförmig, noch tropfbar-flüssig vorstellen darf. Diese Molecüle sind aber die Werkstücke des kunstreichen Baues im Organisationsplane Brücke's. Wie soll man sich nun dieses kunstreiche Gebäude im Raume begrenzt vorstellen? Der Verfasser verweist auf einen Thierleib, auf Organe und Systeme, aber hier haben wir es mit flüssigen und festen Stoffen im begrenzten Raume zu thun; von einer solchen Vorstellung können und dürfen wir keinen Gebrauch machen.

Man hätte erwarten sollen, dass Brücke gemischte Aggregatzustände, in welchen etwa die festen in Flüssigkeit suspendirten Theilchen in dem Grade prävaliren, dass die Erhaltung des Stoffes in einer bestimmten Form sich denken liesse, zu Hilfe nehmen würde. Der feste Aggregatzustand des haupt-

sächlichsten Bildungsstoffes in den Organismen hat wegen seiner fest-weichen, ausserordentlich biegsamen und elastischen Eigenschaft, ferner wegen des Stoffwechsels der Organismen während der Entwickelung, des Wachsthums und der Ernährung, den Physiologen stets grosse Schwierigkeit bereitet. Es lag daher nicht so fern daran zu denken, dass vielleicht die feste Begrenzung der Organisation im Raume durch einen solchen oben bezeichneten gemischten Aggregatzustand verwirklicht würde. Aber Brücke spricht davon in der Einleitung nicht; auch wird uns nicht gesagt, durch welche Bedingungen auf andere Weise die feste Begrenzung der molecularen Organisation im Raume erzielt sei. Obgleich daher von Werkstücken und von einem kunstreichen Bau die Rede ist, so erfahren wir aus der Einleitung in der That nicht, wie man sich seine moleculare Organisation im Raume begrenzt vorzustellen habe. —

Erst im zweiten Theile der Abhandlung, wo Brücke seine Ansichten über die moleculare Organisation des Zelleninhalts und der contractilen Substanz in den primitiven Muskelbündeln auseinandergesetzt, finden sich einige Bemerkungen, welche gewissermaassen als practische Erläuterungen seines Organisationsplanes angesehen und darum wohl am zweckmässigsten hier berücksichtigt werden können. Der Zelleninhalt, sagt der Verfasser S. 401 flgd., die Hauptmasse des Zellenleibes oder der constante und eigentliche Leib der Zelle, sei nicht fest, sei auch nicht flüssig, er stelle auch keinen gemischten Aggregatzustand dar. Diese physikalischen Begriffe finden bei diesem Gebilde in ihrer Gesammtheit keine Anwendung. Wer da fragen wollte, ob der lebendige Zellenleib flüssig oder fest u. s. w. sei, der würde, bemerkt der Verfasser ganz richtig, eine ebenso absurde Frage thun, als wenn man fragen wollte, ob der Leib einer Qualle oder Schnecke fest oder flüssig oder eine sulzige Masse wäre. Dass aber der wissenschaftliche Forscher nicht eine solche Frage, sondern die nach den festen und nach den flüssigen Bestandtheilen in den Organismen stellen werde, kann wohl nicht so absurd sein, da der Verfasser selbst schliesslich wider seinen Willen auf

flüssige und feste Bestandtheile auch in seinem molecularen Organisationsplane zurückkommen muss. Denn auf derselben Seite heisst es, der Zelleninhalt sei ein complicirter Aufbau aus flüssigen und festen Theilen. Wahrhaft überraschend müssen solche Worte sein, wenn man bedenkt, dass der Verfasser einige Seiten vorher, um das dringende Bedürfniss einer Reform der Zellenlehre zu motiviren, angiebt: man könne sich keine lebende vegetirende Zelle denken bei der herkömmlichen Organisation derselben aus flüssigen und festen Theilen, da man Lebenserscheinungen am Eiweisse als solchem durchaus nicht wahrnehme. Den Morphologen kann es aber eine Genugthuung sein, dass Brücke bei der practischen Anwendung seiner molecularen Organisationstheorie zu der Materie in ihren verschiedenen Aggregatzuständen zurückzukehren genöthigt gewesen ist, obgleich seine Theorie nicht einmal einen Haltpunkt für diese physikalischen Begriffe gewährt hatte.

Wir können hiernach die Theorie ganz umgehen und, auf den gleichen empirischen Boden mit dem Verfasser uns stellend, die Frage aufwerfen, worin nunmehr der Unterschied zwischen der bisherigen Zellenlehre und dem neuen Organisationsplane des Verfassers bestehe. Sieht man von den erhobenen Controversen in Betreff der constanten Bestandtheile einer lebenskräftigen Zelle vorläufig ab, so scheint der Unterschied nur darin zu liegen, dass die bisherige Zellenlehre eine zu einfache Verbindung von festen und flüssigen Theilen anerkannte, und dass Brücke einen unsichtbaren complicirteren Aufbau einführen wolle in der Hoffnung, die Zelle dadurch lebendiger oder überhaupt lebendig zu machen, um die Lebenserscheinungen an festen und flüssigen Stoffen aufnehmen zu können.

Indessen ersieht man aus dem einzigen Beispiel, an welchem Brücke seinen complicirteren Aufbau demonstrirt, und für welches die molecularе Organisationstheorie angelegt zu sein scheint — ich meine die Brücke'sche Theorie von dem Bau der contractilen Substanzen in den primitiven Muskelbündeln —, dass des Verfassers Concession in Betreff der, bei

Organisation eines Gebildes nothwendigen, festen Theile in einem für die Morphologen kaum annehmbaren Sinne practisch durchgeführt wird. Für Brücke ist zunächst die contractile Substanz des primitiven Muskelbündels nur aus Zelleninhalt hervorgegangen. In derselben werden ferner mit Bowman die Sarcous elements als kleinste, während des Lebens schon geformt bestehende, sichtbare Bestandtheile angenommen, die, in einer nicht doppelt brechenden Flüssigkeit suspendirt, nach Belieben bald zu Fibrillen bald zu Querscheiben (Discs) sich ordnen und derartig agglutiniren, dass in ihrer Form sich erhaltende Fäserchen und Querscheiben vorübergehend sich bilden können. Aus den Erscheinungen endlich, welche die contractile Substanz bei gewöhnlichem und polarisirtem Lichte zeigt, glaubt der Verfasser erwiesen zu haben, dass die Sarcous elements wiederum aus einer nicht doppelt brechenden Flüssigkeit und aus sehr kleinen unsichtbaren doppelt brechenden Körperchen, den sogenannten Disdiaklasten, bestehen.

Ich will nicht geltend machen, dass die Bildungsgeschichte des primitiven Muskelbündels eine Entstehung der contractilen Substanz aus Sarcous elements und Discs nicht nachweisen kann, und dass beide Theile gar leicht nur Macerationsproducte sein können; ich will auch die Bedenken fallen lassen, die wohl mit Recht gegen die Unterscheidung einer doppelt brechenden und nicht doppelt brechenden Substanz in der Muskelfibrille gemacht werden können[1]); ich will es nur als meine Aufgabe betrachten, an diesem einzigen uns vorgeführten Beispiele eine Aufklärung darüber zu gewinnen, wie man sich den complicirten Aufbau des organischen Stoffes nach des Verfassers molecularer Organisation zu denken habe. Da der Verf. nicht angiebt, ob die Disdiaklasten und die nicht doppelt brechende Flüssigkeit, in welcher jene schwimmen, im Sinne der Molecularorganisation kunstreiche Bauwerke darstellen, uns also kein Anknüpfungspunkt für die Molecularorganisation geboten ist, so können wir auch hier wiederum die vorgelegte Composition nur nach den physikalischen Begriffen von „fest“

1) Hierzu Nachtrag 1.

und „flüssig“ uns vorstellen. Hiernach besteht die contractile Substanz aus einem flüssigen Stoff, in welchem die unsichtbaren Disdiaklasten, als feste Körperchen, und zwar in Gruppen (Sarcous elements) einander genähert, suspendirt sind. Es ist eine Art gemischter Aggregatzustand und zwar, da die Sarcous elements so leicht ihre Lage verändern können, mit einem Uebergewicht des flüssigen Stoffes, es ist also für die Morphologie eine Flüssigkeit mit Beziehung auf die physikalischen Eigenschaften. Kunstreich ist dieser Mischling allerdings angelegt, aber wie ich einzusehen vermag, nur als Fundament zu allen möglichen Hypothesen. Unter Herbeiziehung beliebig construirter Kräfte kann man den ursprünglich flüssig zu denkenden Mischling in Fibrillen oder in Scheiben verwandeln, man kann aus einer langen dünnen eine kurze und dicke Form machen. Man wird auch die Widersprüche überwinden, die darin liegen, dass man von der contractilen Substanz wie von einer Flüssigkeit sprechen muss und daneben der überaus kleinen aber sehr vollkommenen Elasticität der lebenden quergestreiften Muskelfaser gedenkt, sowie die Versuche citirt, durch welche der Elasticitätscoëfficient im ruhenden und activen Zustande bestimmt wird; man wird endlich keinen Anstoss daran finden, unter den mechanischen Leistungen dieser in toto flüssig gedachten contractilen Substanz die directe Zugkraft für Sehnen und Knochen anzuführen. Dass aber dieser Mischling, unerachtet des Vorhandenseins eines festen und eines flüssigen Bestandtheiles, seiner Anlage nach keinen durch innere Bedingungen im Raume begrenzten und organisirten Körper darstellen kann, und dass der Morphologe, sofern er nicht blindlings der urschleimigen Sarkode-Theorie anhängt, in demselben keine Spur erfahrungsmässig begründeter, morphologischer Organisation zu entdecken vermag, diesen Ausspruch werden selbst unsere Gegner für gerechtfertigt halten müssen.[1])

Im zweiten Theile der Abhandlung geht Brücke auf eine Prüfung der angeblich nach den „Dogmen“ der Zellentheorie festgestellten Bestandtheile der Zelle selbst näher ein

1) Hierzu Nachtrag 2.

Der erste und ausführlichste Abschnitt betrifft die Zellenmembran. Der Verfasser schliesst sich hier ganz der Ansicht Max Schultze's an. Eine Zellenmembran, wenn man mit diesem Worte nicht bloss die Oberfläche eines Körpers von seinem Innern unterscheiden wolle, sei kein nothwendiges Attribut der Zelle; sie fehle der jungen Zelle „wahrscheinlich" allgemein, und wo sie sich etwa finde, sei sie erst später durch allmäligen Verdichtungs- und Verhärtungsprocess, wie die Kalkschale als Haus der Schnecke (!), gebildet. Brücke verlangt hier zunächst (S. 388), dass man eine Membran nur da annehmen dürfe, wo dieselbe erwiesen, d. h. im Sinne des Verfassers sichtbar demonstrirt worden sei. Es wäre wohl recht passend gewesen, wenn Brücke gerade auch hier, wie es an anderen Stellen geschieht, darauf hingewiesen hätte, dass ein wirklich vorhandener Körper sich der Beobachtung entziehen könne, und dass ferner, was ich hinzufüge, von einer strengen inductiven Forschungsmethode verlangt werde, man müsse bei gleichartigen Körpern die einmal anerkannte Uebereinstimmung ihrer Beschaffenheit festhalten, bis das Gegentheil oder doch eine Differenz erwiesen sei.

Der Beweis nun, dass die Zellenmembran kein constantes Attribut einer lebenskräftigen Zelle sei, sucht zunächst darzulegen, was eigentlich längst bekannt ist, dass die gewöhnlichen, namentlich von Schwann angezogenen Beweismittel für die Existenz einer Zellenmembran an und für sich häufig noch nicht ausreichen.

Unsicher seien zuerst die Quellungserscheinungen; selbst die Umwandlung der Blutscheibe in ein rundes Körperchen bei Aufnahme von Wasser beweise nicht das Vorhandensein einer Hülle, da möglicherweise der Inhalt eine Structur besitzen könne, welche eine solche Umwandlung der Form bei der Quellung denkbar erscheinen lasse. Indessen sagt der Verfasser ausdrücklich, dass man die Hülle zugeben könne neben einem aus festen und flüssigen Theilchen (natürlich nach der Molecularorganisation) construirten Inhalt. Dass man an den Blutkörperchen des Frosches die Existenz einer Hülle und

eines völlig flüssigen Inhalts, also die Abwesenheit eines molecularen Organisationsgebäudes, nachweisen kann, darüber werde ich später meine Beobachtungen mittheilen.

Eben so unzureichend sei die Falten- und Runzelbildung. Es könne hier allerdings zugegeben werden, dass eine äussere Schicht vorhanden sein müsse, welche grössere Festigkeit besitze als der innere stärker einschrumpfende Theil, allein diese äussere Schicht könne Fortsätze in den Zelleninhalt, d. h. in den Brücke'schen Zellenleib hineinschicken, und so die faltenbildende Substanz eine Hauptmasse des (natürlich im Sinne der Molecularorganisation construirten) Zelleninhalts selbst darstellen. Es scheint mir, als habe hier Brücke die eigentliche Schwierigkeit in der Verwerthung des herbeigezogenen Beweismittels für die Existenz einer Hülle gar nicht berührt. Es kommt in den meisten Fällen keineswegs darauf an, das Zustandekommen einer Faltenbildung auch auf andere Weise wahrscheinlich zu machen, sondern vielmehr darauf, nachzuweisen, dass bei den in Folge einer Einschrumpfung des Zellenkörpers an der Oberfläche sichtbaren Vertiefungen oder Erhebungen neben dem Zelleninhalt auch eine Hülle betheiligt sei. Dass man auf eine ganz ausgezeichnete Weise an den eben gebildeten Furchungskugelzellen des Frosches und zwar hier ohne Anwendung einschrumpfender Mittel durch Faltenbildung die Zellenmembran demonstriren könne, und dass bei der Beschaffenheit dieser Falten an keine von diesen Hüllen in den Zelleninhalt eintretende Fortsätze zu denken sei, davon hat Brücke keine Notiz genommen (Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1861, S. 133 ff.).

Brücke hebt ferner ganz richtig hervor, dass die häufig erst bei Eintritt des Wassers in einen kugeligen Körper sich einstellende Molecularbewegung, als ein sicheres Beweismittel für die Anwesenheit einer Membran nicht benutzt werden dürfe und dass das mehrfach beobachtete Abheben der Zellenmembran auch auf einer Täuschung beruhe oder wohl richtiger beruhen könne, welche durch tropfenartige, aus dem Zelleninhalt hervortretende, Gebilde veranlasst werden. Freilich wird dadurch nur bewiesen, dass Irrthümer möglich sind, nicht aber,

dass man auf solche Weise überhaupt nicht die Anwesenheit einer Membran constatiren könne. Wenn ein rundlicher Körper, der aus sonst zuverlässigen Erscheinungen oder Gründen für einen Zellenkörper erklärt werden muss, bei Zusatz von Wasser Molecularbewegung in der peripherisch gelegenen Partie plötzlich wahrnehmen lässt, und wenn hier die Körnchen über den scharf contourirten Rand des Körpers nicht hinausgehen, so darf man folgern, dass zwischen der Flüssigkeit ausserhalb des Zellenkörpers und der Molecularkörperchen enthaltenden Flüssigkeit innerhalb desselben, eine festere, für das Wasser durchgängige, die Bewegung der Körperchen an den bezeichneten Grenzen zurückhaltende Lamelle vorhanden sein müsse. Ebenso kann auch eine, sichtbare Körperchen nicht enthaltende hyaline peripherische Schicht des Zellenkörpers sehr wohl zum Beweismittel der Anwesenheit einer Membran benutzt werden, wenn dieselbe bei Wasserzusatz sich allmälig verdickt, ohne die scharfe Contour zu verlieren, dann aber, in Folge stärkerer Ausdehnung oder bei angewendetem Druck plötzlich ohne Tropfenbildung schwindet, und der nunmehr nicht scharf contourirte Rest des Zellenkörpers seine selbstständige Form nicht mehr zu erhalten vermag. Ich habe diese Erscheinungen sehr schön an den durch ein rothbraun gefärbtes flüssiges Fett ausgezeichneten Dotterzellen des Krebses verfolgen können, bei welchen der sich allmälig verdickende Saum durch seine Farblosigkeit und Durchsichtigkeit sehr auffällig hervortrat und plötzlich hinschwand. Der Rest des Zelleninhaltes behielt hier als Fetttropfen seine runde Form. Aber der Verfasser hat uns wohl nur daran erinnern wollen, nicht leichtsinnig zu sein und uns vor Täuschungen zu hüten.

Der sicherste Weg, sich von der Anwesenheit der Zellenmembran zu überzeugen, ist, oder ich möchte lieber sagen, wäre offenbar der, dass man die Membran vollständig isolire und als ein freies deutlich erkennbares, festes häutiges Stück demonstrire. Brücke schmeichelt sich mit der Hoffnung, dass es ihm gelungen sei, auf diesem Wege den angeblich an der Basis und an der Spitze geöffneten Mantel der cylindrische Zellen des Epithels im Darm zu erweisen. Wer erfahren hat

wie ausgespannte feine oder gar unmessbar feine elastische Membranen nach Aufhebung der Spannung in einen winzigen, scheinbar einem Körnchen ähnlichen Flock zusammenschnurren, der wird im Allgemeinen auf die Isolirung einer noch als häutiges Gebilde erkennbaren Zellenmembran Verzicht leisten müssen. An vielen Eiern, deren Dotterhaut (ob Zellenmembran?) dick und fest geworden, ist die Sache leicht; auch gelingt es auf solche Weise, die fester gewordene Membran verhornter und durch Anwendung einer Kalilösung wieder aufgequollener Epidermiszellen zu demonstriren. Ist dagegen die Zellenmembran, wie gewöhnlich bei vollsaftigen lebenskräftigen Zellen, unmessbar fein, besitzt sie noch ihre ursprüngliche grosse Elasticität, da muss man der Hoffnung entsagen, dieselbe nach Entleerung des etwa leicht flüssigen Zelleninhaltes als Membran demonstriren zu wollen; sie kann sich unter dem Mikroskop nur als ein sehr kleines granulirtes Flöckchen zu erkennen geben. Ist der Zelleninhalt dickflüssig, so dass die allgemeine Form des Zellenkörpers auch nach Verletzung der Membran durch ihn gehalten wird, dann darf man nicht mit Sicherheit darauf rechnen, die verletzte Membran frei zu machen; dieselbe kann leicht, wie die Erfahrung lehrt, im theilweise gespannten, theilweise zusammengeschnurrten Zustande an dem Inhalte selbst haften bleiben.

Schliesslich bemerkt der Verfasser noch, dass man aus einer Contour nicht befugt sei, auf die Anwesenheit einer Zellenmembran zu schliessen, es müssen deren zwei vorhanden sein. Brücke meint, die Mikroskopiker hätten aus einer Contour auf die Anwesenheit einer Membran in der Voraussetzung geschlossen, „dass der Zelleninhalt eine sich durch ihren Brechungsindex wenig von dem umgebenden Medium unterscheidende Flüssigkeit sei.“ Der erfahrene Mikroskopiker weiss sehr wohl, dass aus einer selbst scharf gezeichneten Linie an einem irgendwie begrenzten Körper, sei er flüssig, fest, gemischten Aggregatzustandes oder selbst gasförmig, Nichts mit Sicherheit über den Bau des Körpers geschlossen werden dürfe; wer das thäte, wäre kein Mikroskopiker; er weiss ferner, dass auch zwei Contouren über die Exi-

stenz einer Membran Nichts entscheiden, wie unter vielen anderen auch der Fall beweist, dass mehrere Beobachter von zwei Contouren und einer Knorpelkapsel sprechen, während sie es nachweislich nur mit der in zwei Contouren sich abspiegelnden Fläche eines sphärischen Hohlraumes der Grundsubstanz des Knorpels, zu thun haben. Man sieht also, dass weder eine einzige, noch zwei Contouren oder richtiger zwei Linien im mikroskopischen Bilde, die im Bezirke der Begrenzung eines Körpers auftreten, ohne Weiteres zur Festsetzung einer Membran von den mikroskopischen Forschern verwendet werden dürfen. Wie bei den meisten, zum Beweise der Zellenmembran herbeigezogenen Erscheinungen, so kommt es auch hier auf die Umstände an, unter welchen die Contouren gesehen werden oder sich der Beobachtung entziehen. Es müssen bei der Beurtheilung und Entscheidung zugleich in Anschlag gebracht werden: die Form der Zellenkörper, die Beschaffenheit des Zelleninhaltes und der Umgebung, das Verhalten des Zellenkörpers unter veränderten Umständen, die bei der Entwicklung, beim Beginne des Absterbens oder durch zweckmässig angestellte Versuche eintreten u. s. w. Obgleich ich Zellenkörper kenne, deren einfacher, scharf gezeichneter Umriss nach meinem Dafürhalten am Besten durch die Anwesenheit einer unmessbar feinen Hülle sich erklären liesse, so gehen doch meine Bedenklichkeiten hinsichtlich der Verwendbarkeit der Contourzeichnungen zu Beweismitteln für die Anwesenheit einer Zellenmembran viel weiter, als die des Verfassers. Brücke hat eigentlich nur darauf hinweisen wollen, dass der einfache Umriss an den Zellenkörpern auch ohne umhüllende Membran an dem nach der Molecular-Organisation construirten Zelleninhalte auftreten könne. Dagegen ist gewiss Nichts einzuwenden, sobald nur erst die moleculare Organisation des Zelleninhalts und die Abwesenheit einer unmessbar feinen Zellenmembran festgestellt ist.

Aus den obigen Mittheilungen geht hervor, dass Brücke bisher gar nicht bewiesen hat, und wie es scheint, auch nicht direct beweisen wollte, es fehle die Zellenmembran an den Zellenkörpern, sondern dass er nur dar-

auf aufmerksam zu machen wünschte, es könne Jemand die gebräuchlichen Beweismittel für die Existenz einer Zellenmembran auf eine ganz irrige Weise zur Anwendung bringen, und dass in solchen Fällen die zu Grunde liegenden Erscheinungen auch noch auf andere Weise, und zwar mit Rücksicht auf seine Hypothese von der Molecular-Organisation der Zelle, sich würden erklären lassen.

Vergeblich sucht man auch in diesem ganzen Abschnitte nach einem wirklichen Beweise, dass die Zellenmembran kein nothwendiges Attribut der Zelle sein könne, und dass da, wo sie sich finde, sie erst später durch einen allmäligen Verdichtungs- und Verhärtungsprocess entstanden sei. Der Verfasser bespricht vielmehr zum Schluss dieses Abschnittes mit Beziehung auf seine Hypothese vom Zelleninhalte die Bildung gewisser Intercellular-Substanzen und verdickter Zellenmembranen. Bei den Pflanzen soll die Begriffsbestimmung der verdickten Zellenmembran leicht sein, indem schon die cellulose Kapsel an sich als eine Ausscheidung, als ein von dem ursprünglichen Zellenleibe völlig verschiedenes, ihm äusserlich aufliegendes Product betrachtet werden müsse. Anders sei es bei der thierischen Zelle, „hier — ich muss die eigenen Worte des Verfassers anführen, da ein solcher Satz nach den vorausgegangenen Erläuterungen gar nicht erwartet werden konnte, — ist keine Membran, die der Zelle als solcher entgegengesetzt werden könne, sie ist ein Theil ihrer selbst, und wenn sie dicker wird, so geschieht dies entweder, indem sie wächst wie ein anderer Theil der Zelle, oder indem neue Theile des Zellenleibes (Zelleninhalts) in den Verhärtungsprocess hineingezogen werden, durch die sie selbst gebildet worden ist“ (a. a. O. S. 393). Dieser Verhärtungsprocess soll nun im Zusammenhange stehen mit der Bildung gewisser sogenannter Intercellularsubstanzen.

Brücke geht also bei dem Beweise dieser letzteren Behauptung ohne Weiteres von zwei hypothetischen, sogar unrichtigen Annahmen aus: von der Annahme, dass die lebenskräftige Zelle ursprünglich keine selbstständige, von dem

Zelleninhalt unabhängige Membran besitze, und ferner von der Voraussetzung, dass, wo eine Zellenmembran vorhanden, dieselbe durch einen Verhärtungsprocess des membranlosen Zelleninhaltes entstanden sei.

Der Beweis für die Behauptung, dass die Intercellularsubstanzen durch einen Verhärtungsprocess des Zelleninhaltes entstehen, ist nun so geführt. Die bisherige Lehre von den Intercellularsubstanzen wird zunächst für eine irrige erklärt, die aus zwei Grundirrthümern entstanden sei: erstens aus der Annahme einer exogenen Zellenbildung, und zweitens aus der Ansicht, dass die Zellenmembran sich früher bilde als der Zelleninhalt; — zwei Behauptungen, bei welchen ich wenigstens mir die Frage vorlegen musste, ob der Verfasser die Literatur der letzten zwanzig Jahre über diesen Gegenstand gar nicht der Beachtung werth halten wollte, oder ob ihm dieselbe gänzlich zufällig fremd geblieben sei. Doch zur Sache, zum Beweise! Anknüpfend an die bekannte Erfahrung, dass bei der Entwickelung complicirter thierischer Organismen ursprünglich die Zellen dicht aneinander gedrängt vorliegen und erst später zwischen ihnen die Intercellularsubstanz sich einstelle, wird sodann behauptet, dass die auf diesem Wege gebildete Grundsubstanz nicht flüssig von den Zellen ausgeschieden und erst später dichter und fester geworden sein könne. Als Grund wird angegeben, weil in solchem Falle die Grundsubstanz ohne organische Structur sein würde; auch kennen wir bis jetzt keine Art von Organisation, „welche sich im Thierkörper unabhängig von den Thierzellen aufbaut und sind durch nichts berechtigt eine solche anzunehmen“ (S. 394). Hiergegen ist zu bemerken, dass die organische Structur nicht nach bloss festen oder bloss flüssigen Aggregatzuständen beurtheilt wird, dass man ferner nicht behaupten könne, ein organisirter Körper entstehe unabhängig von den Zellen, wenn an der Organisation desselben ein von den Zellen abgeschiedener Stoff und zwar mit diesen letzteren zugleich betheiligt sei, und dass endlich, ganz abgesehen von den Bindesubstanzgebilden, in den Cuticularbildungen, auch in dem Blute u. s. w. die evidentesten Beispiele von der Betheiligung der Zellen und des von

ihnen ausgeschiedenen flüssigen oder auch fest werdenden Stoffes an der Organisation thierischer Körper vorliegen.

Doch wir suchen weitere und wirkliche Beweise! Leider ist der Verfasser schliesslich genöthigt, die Erklärung abzugeben, dass er die mit zwei Grundirrthümern willkürlich ausgestattete Irrlehre von der Entstehung der Grundsubstanz in den Bindesubstanzgebilden aus einem von den Zellen ausgeschiedenen ursprünglich flüssigen Stoffe nicht schlagend widerlegen könne; allein er findet es auf seinem Standpunkte viel wahrscheinlicher, die Entstehung der Grundsubstanz nach der M. Schultze'schen Ansicht sich vorzustellen.

Von diesem Standpunkte aus wird uns auch die Ansicht des Verfassers über die Entstehung der Grundsubstanz in den Bindesubstanzgebilden mitgetheilt. In Betreff der angeblichen Knorpelkapsel, — von welcher nach meiner Ueberzeugung sich ganz sicher nachweisen lässt, dass sie gar nicht existirt, und dass sie nur durch falsche Auslegung der bekannten ringförmigen Zone grösserer Knorpelhöhlen, und durch künstlich bewerkstelligte theilweise oder gänzliche Trennung einer einzigen oder mehrerer solcher Hohlräume aus einem cellularen Gerüste der Grundsubstanz des hyalinen Knorpels sich hat in die Wissenschaft Eingang verschaffen können, — in Betreff dieser angeblichen Knorpelkapsel also ist Brücke einer anderen Ansicht als M. Schultze; sie soll aus einer secundären Isolirung schon fertiger Grundsubstanz in der Umgebung der Knorpelhöhle gebildet sein.[1]) Dass auch bei den Sehnen die fibrilläre oder gestreifte Grundsubstanz aus einer Umwandlung des Zelleninhalts hervorgehe, schliesst der Verfasser mit Rollet aus dem faserhaltigen Gebilde, das sich aus embryonalen Sehnen durch Zerrung darstellen lässt, und in welchem der ursprüngliche kernartige Zellenkörper eingebettet liegt, oder, wie es an der betreffenden Stelle mit der Hypothese in Uebereinstimmung ausgedrückt ist, mit der scheinbar faserigen

1) Vergl. hierüber die in diesem Hefte des Archivs mitgetheilten Untersuchungen über die angeblichen Knorpelkapseln des Netzknorpels von Dr. Rabl-Rückhard.

Masse zusammenhing. „Virchow's Bindegewebskörperchen" betrachtet Brücke als den Theil des Zelleninhaltes, der nicht mit in die collagene Metamorphose hineingezogen worden ist.

Welches geschichtliche oder auch natürliche Recht Brücke hat, die in den Gebilden der Bindesubstanz vorkommenden Zellen und Zellenrudimente „Virchow's Bindegewebskörperchen" zu nennen, vermag ich nicht einzusehen, es sei denn, dass der Verfasser jener verderblichen Sucht neuerer Zeit, durch Bildung neuer Namen die Beobachtungen anderer Forscher sich anzueignen, oder auch aus einem anderen Grunde, die Wissenschaft mit überflüssigen Namen zu überhäufen, Vorschub leisten wollte. Niemand kann die Verdienste Virchow's um die Bindesubstanzfrage höher schätzen als ich selbst, der die Erfahrung machen musste, dass meine Untersuchungen jahrelang unfruchtbar liegen blieben. Brücke's Ansicht über die Beschaffenheit der Zellenkörper in den Bindesubstanzgebilden, dass sie nämlich hüllenlos seien und wohl auch einen Theil des Zelleninhalts eingebüsst haben, stimmt theilweise mit der Darstellung überein, die ich zuerst in meinem Werke aufgestellt habe.[1]) Später, als ich es mehr und mehr einsehen lernte, wie schwierig es sei, nicht allein die Anwesenheit sondern auch die Abwesenheit der Zellenmembran zu demonstriren, habe ich

1) Ich darf die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, gegen eine von Virchow in seinem Archiv (Bd. XVI, S. 519) mir zugeschriebene Ansicht über die Bildung der Intercellularsubstanz mich zu erklären. Virchow giebt an, dass ich die Zellenmembran bei Verkümmerung der Zellenkörper mit der Intercellularsubstanz direct verschmelzen lasse. Dass ich die Intercellularsubstanz aus einem ursprünglich flüssigen, später fester werdenden abgeschiedenen Stoff der Zelle entstehen lasse, ist deutlich und oft genug in meinem Werke angegeben. Da ich die Zellenkörper in mehreren Bindesubstanzgebilden kleiner werden sah, so hatte ich mir die Frage vorgelegt, wo die verkümmernden Theile der Zellen bleiben und es für wahrscheinlich gehalten, dass dieselben in „irgend einer Art (wahrscheinlich nach voraufgegangener Verflüssigung) mit der in fortwährender Zunahme begriffenen Intercellularsubstanz sich vereinigen; und das ist, was ich unter dem Namen Verschmelzungsprocess verstanden wissen möchte" (S. 130 meines Werkes).

selbst es für zweckmässig gehalten, für die in den Bindesubstanzgebilden etwa noch vorhandenen zelligen Elemente den ganz unverfänglichen Namen „Körperchen" zu gebrauchen. Ich schlug deshalb den Namen „Bindesubstanzkörperchen" vor, welcher mir passender schien als „Bindegewebskörperchen", da das Wort „Bindesubstanz" für die von mir zuerst aufgestellte ganze Gruppe verwandter histologischer Gebilde vorgeschlagen wurde, während das Wort „Bindegewebe" nur für eine bestimmte Art dieser Gruppe, für das reife gestreifte Bindegewebe in den ausgebildeten Sehnen u. s. w. höherer Wirbelthiere im Gebrauche war. Jetzt, wo man weiss, dass die von Virchow besonders aufgestellten Bindegewebskörper gar nicht existiren, da weiss ich vollends nicht, wie sich der Gebrauch „Virchow's Bindegewebskörperchen" rechtfertigen liesse; oder man müsste gerade die nicht existirenden hervorheben wollen. In sachlicher Beziehung möchte ich nur darauf hinweisen, dass die Darstellung faserartiger, fibrillär gezeichneter Elemente mit einem oder auch mit mehreren kernartigen Bindesubstanzkörperchen eine sehr bekannte Erscheinung ist, und dass der Verfasser nicht den Beweis geliefert hat, es sei die fibrillär gezeichnete Grundsubstanz nicht aus einer von den Zellen ausgeschiedenen, sondern vielmehr aus einer directen Umwandlung des Zelleninhaltes selbst hervorgegangen.

Es mag hier der Ort sein, einige meiner Beobachtungen über die Bildung des Knorpelgewebes in der Wirbelsäule von Knorpelfischen (*Torpedo marmorata, Galeus canis*), sowie des Hühnchens und der Embryonen von Wiederkäuern, mitzutheilen, aus welchen die Unhaltbarkeit der von M. Schultze und E. Brücke angenommenen Entstehungsweise der Grundsubstanz in den Gebilden der Bindesubstanz sich erweisen lässt. Die zuerst nur in geringer Menge auftretende Intercellularsubstanz ist ursprünglich mehr gallertartiger Consistenz und enthält die kleinen scharf begrenzten Knorpelkörperchen dicht gedrängt, ohne sichtbare Anordnung, gleichförmig zerstreut. Diese Intercellularsubstanz ist hinsichtlich ihrer Consistenz in keiner Weise von derjenigen anderer Bindesubstanzgebilde um dieselbe Zeit unterschieden; sie ist völlig durchsichtig und ohne

irgend eine Spur von ringförmigen Substanzpartien in der Umgebung der Zellen, aus welchen auf eine Umwandlung derselben in Intercellularsubstanz zu schliessen wäre. Dann nimmt dieselbe etwas an Menge zu, indem auch gleichzeitig die Knorpelkörperchen sich vergrössern, ohne jedoch eine besondere Anordnung zu verrathen. Es fehlt auch hier in der Umgebung der scharf contourirten Knorpelkörperchen jede Erscheinung, die als eine Knorpelkapsel oder als eine Umwandlungsschicht der Zellenkörper ausgelegt werden könnte. Weder durch mechanische Mittel noch durch chemische Reagentien, noch durch Kochen und Maceriren lässt sich etwas zu Gunsten der Entstehung der M. Schultze'schen Ansicht darstellen. Ebenso fehlt jede Andeutung davon, dass die Knorpelkörperchen sich durch Brutzellen vermehren, obgleich sich die klarsten Präparate zur Untersuchung anfertigen lassen. Der Wirbelkörper nimmt zu an Grösse durch Auflagerung neuer Schichten der Oberfläche, durch Vermehrung der Grundsubstanz und Grössenzunahme der Knorpelkörperchen in dem vorhandenen Gewebe.

Dann folgt das letzte Stadium der Ausbildung des Knorpels in dem Wirbelkörper und zwar um dieselbe Zeit, wenn auch andere Bindesubstanzgebilde die mehr entwickelte Form annehmen und vor Allem, wenn die organologischen Structurverhältnisse sich in ihnen zu erkennen geben. Jetzt gewahrt man, und zwar um so deutlicher ausgesprochen, je mehr die Entwickelung des Fötus vorschreitet, eine bestimmte Anordnung der Knorpelkörperchen in Gruppen. Dieselbe ist verschieden für die verschiedenen Knorpel; sie steht im genauen Zusammenhange mit den morphologischen Beziehungen des Knorpels zu den ihn etwa durchsetzenden Gefässen und zu dem organologischen Bau des ganzen Knorpels; die Knorpelkörperchen ordnen sich z. B. in concentrischen Reihen um die Gefässhöhlen, beim Wirbelkörper um den Kanal, in welchem die Wirbelseite liegt, sie strahlen vom Körper in die Bogen aus u. s. w. Die Reihen können aus einzelnen Knorpelkörperchen oder auch aus untergeordneten Gruppen von je 2, 3, 4, 5, 8, 12 und mehr Körperchen gebildet sein. Während man einerseits auch hier

wiederum nicht die geringste Spur von einer Brutzellenbildung und einer dadurch etwa bedingten Gruppirung der Knorpelkörperchen wahrnimmt, so lässt sich andererseits ganz deutlich verfolgen, dass die vorhandenen Knorpelkörperchen sich allmählig einander nähern, dass sie anfangs durch dickere, später oft äusserst feine Septa von einander getrennt werden. Auch sieht man niemals mehrere Knorpelkörperchen in einer Höhle liegen; an gut angefertigten feinen Segmenten lässt sich nachweisen, dass die scheinbar zu einer Gruppe aufgehäuften Knorpelkörperchen stets durch zuweilen allerdings sehr feine Septa der Grundsubstanz von einander getrennt werden. Die scharf contourirten Knorpelkörperchen nehmen nunmehr sehr bedeutend, um das 4 und 8fache, an Grösse zu; ihre Form kann sehr verschieden sein, doch regelmässig zeigt sich eine Abplattung an den einander zugewendeten Flächen innerhalb der Gruppe. An grossen Knorpelhöhlen, mit oder ohne Knorpelkörperchen, wenn dieselben namentlich die Form einer hohlen Kugel oder einer biconvexen Linse besitzen, werden jetzt in Folge der spiegelnden Fläche die sogenannten Kapselzonen sichtbar, und aus dem cellulären Gerüste der Grundsubstanz lassen sich eine einzige oder auch mehrere zellige Räume ganz oder theilweise künstlich abtrennen.

Die Grundsubstanz ausserhalb der Gruppen verhält sich sehr verschieden; häufig sieht man aber gerade jetzt, dass dieselbe, *während* die Knorpelkörperchen enorm an Grösse zunehmen und sich *nicht* verkleinern, in ganz auffälliger Weise *an Volumen zunimmt* und so zur Ausprägung des beschriebenen morphologischen Baues des Knorpels beiträgt. Die Grundsubstanz bleibt im hyalinen Knorpel durchsichtig und von der bekannten hyalinen Beschaffenheit; nirgends ist eine streifige Zeichnung, auch nicht an den Knorpelhöhlen, sichtbar. Wo aber, was sich namentlich auch bei Knorpelfischen gut beobachten lässt, das Knorpelgewebe eine solche Streifung in der Grundsubstanz wahrnehmen lässt und dadurch mehr die faserknorpelige Beschaffenheit erhält, da ziehen die Streifen nicht um einzelne Knorpelkörperchen, sondern vielmehr über viele Gruppen hinweg und verrathen, wie die Gruppen der Knorpel-

körperchen selbst und wie die Lamellensysteme im Knochen, ihre Beziehung zum morphologischen Bau des ganzen Knorpels unverkennbar.

Ich habe, wie jeder unbefangene Beobachter sich leicht überzeugen kann, in die Bildungsgeschichte des hyalinen Knorpels und Knorpelgewebes Alles aufgenommen, was sich thatsächlich beobachten lässt, und ich darf nun mit Recht fragen, wie es möglich ist, auch nur entfernter Weise an die Bildung der Grundsubstanz unmittelbar aus Bestandtheilen des Zellenkörpers zu denken. Weder von M. Schultze, noch von E. Brücke, noch von irgend einem Beobachter sind die Uebergangsstadien einer solchen Umwandlung des Zellenkörpers in Grundsubstanz nachgewiesen; es sei denn, dass man jene Trugbilder, die sogenannten Knorpelkapseln, uns citiren wollte. Thatsache aber ist, dass die Knorpelkörperchen ursprünglich gleichmässig in der Grundsubstanz vertheilt vorliegen, und dass sie ferner später näher aneinander gerückt erscheinen und sehr verschieden gestaltete, durch die Structurverhältnisse des Organs bedingte, Gruppen bilden, die durch körperchenfreie Gebiete der Grundsubstanz geschieden werden; Thatsache ist auch, dass die Knorpelkörperchen schliesslich innerhalb der Gruppen, unter allmäliger Vergrösserung, noch mehr aneinander genähert werden, und dass die Grundsubstanz zwischen den Gruppen, d. h. da, wo sich keine Knorpelkörperchen befinden, oft genug auffällig an Masse zunimmt. Ich weiss nicht, wie man diese Vorgänge durch Umwandlung der Rindenschicht der Zellenkörper in Grundsubstanz erklären soll! Die Grundsubstanz wird vermehrt, wo keine Zellenkörper vorhanden sind, und während gleichzeitig die entfernt davon gelegenen Knorpelkörperchen sich vergrössern; ausserdem schwindet die Grundsubstanz sichtbar da, wo gerade die Zellen in Gruppen zusammenliegen! —

Es ist allerdings richtig, dass diejenigen, welche wie ich selbst die Grundsubstanz als Ausscheidungsproduct der Zellen betrachten, den ursprünglich in flüssiger Form ausgeschiedenen Stoff nicht nachweisen können und also auch nicht streng zu beweisen im Stande sind, dass derselbe von den Zellen ab-

stamme. Doch muss man in Erwägung ziehen, dass anfangs an Ort und Stelle nichts Anderes als Zellen vorhanden sind, und dass daher die zwischen denselben erscheinende Grundsubstanz auch nur von ihnen abgeleitet werden kann. Desgleichen bin ich der Ansicht, dass ein irgendwie gerechtfertigter Einwand gegen die Annahme einer Abscheidung der Grundsubstanz in ursprünglich flüssiger Form gar nicht gemacht werden könne.

Gerade die Thatsache, dass entfernt von den Zellen eine Vermehrung der Grundsubstanz eintritt, liefert den Beweis, dass der Stoff, in flüssiger Form abgeschieden, das schon Gebildete durchdringe und da, wo Vermehrung Statt hat, in Grundsubstanz umgewandelt werde.

In Betreff des Zellenkerns mit dem Kernkörperchen ist Brücke vorzugsweise bemüht gewesen, die Bedeutung desselben für den Elementarorganismus gegenüber dem Zelleninhalt in den Hintergrund treten zu lassen. Es wird zunächst die Annahme der Histologen bekämpft, dass jede Zelle in ihrer ersten Jugend, oder wenigstens im productionsfähigen Zustande einen Kern besitze. Obgleich hier der Verfasser zugeben muss, dass der Zellenkern in fertig gebildeten und noch nicht histologisch veränderten Zellen bei Thieren und Pflanzen constant vorkomme, so glaubt er sich dennoch an die wenigen cryptogamischen Gebilde (Hefenpilze, Parasitenpilze) halten zu dürfen, bei welchen der Kern vermisst wird, oder richtiger, noch nicht zu demonstriren gewesen ist; — und folgert ohne Weiteres daraus, dass es nicht gerechtfertigt sei, den Kern als wesentlichen Bestandtheil des Zellenorganismus aufzunehmen.

Nach dem sonst üblichen Schlussverfahren bei den inductiven Wissenschaften muss meines Erachtens das in der Majorität der Fälle Beobachtete als Regel aufgestellt werden. Liegt dann eine Beobachtung vor, die nicht mit dieser Regel übereinzustimmen scheint, so ist vor Allem zunächst festzustellen, ob man es wirklich mit einem gleichartigen Fall zu thun habe: d. h. als hier, es wäre festzustellen, ob die Hefenpilze etc. zu den Körpern gehören, die wir Zellen nennen, oder die aus

Zellen bestehen. Lassen sich ferner genau festgestellte Thatsachen oder selbst Gründe beibringen, aus welchen die aufgeworfene Frage bejaht werden muss, so verlangt diese Forschungsmethode den genauesten Nachweis, dass der Zellenkern, den ich nicht sehe, auch wirklich nicht da sei, und dass seine Stelle durch einen anders beschaffenen Körper eingenommen werde, desgleichen ferner, dass so'ches während der ganzen Lebensdauer beobachtet würde. Diese Forderungen sind um so nothwendiger, als bekannt ist, dass der Kern sich wirklich sehr leicht der Beobachtung entziehen könne, und dass derselbe, obgleich anfangs vorhanden, später schwinde (Blutkörperchen höherer Wirbelthiere). Ist dies Alles vollständig gelungen, dann würde ich nach meinen Erfahrungen an den Furchungskugeln der Nematoden, bei welchen der Kern erst später in dem anfangs nur als gefülltes Bläschen auftretenden Zellenkörper sichtbar wird, die Frage in Erwägung ziehen, ob die Hefenpilze nicht als ein Organismus angesehen werden können, der aus der Zelle hervorgehe, bevor der Kern in ihr gebildet ist. Liesse sich diese Ansicht begründen, so gäbe es allerdings Zellen, welche ohne Kern in die Bildung niederer pflänzlicher Organismen eingehen. Selbstverständlich kann daraus nicht gefolgert werden, dass der Kern kein wesentlicher und nothwendiger Bestandtheil der Zelle überhaupt sei, sondern nur, dass in seltenen Fällen die Zelle in den Dienst der Organismen einer Species treten könne, auch ohne dass sie vollkommen entwickelt sei und ihren Kern besitze. Ich erinnere hier an die Erscheinungen im Generationswechsel, in welchem embryonale freilebende Zustände einer Species einzelne, im reifen Zustande sich entwickelnde Organe niemals ausbilden, und doch kann es Niemand beifallen, bei Feststellung der Organisation eines solchen Geschöpfes, wenn man nicht gerade von einem bestimmten embryonalen Zustande sprechen will, die zuletzt sich bildenden Organe als wesentliche und nothwendige Bestandtheile nicht verrechnen zu wollen.

(Schluss folgt im nächsten Heft.)

Ueber die neueren Reformen in der Zellenlehre.

Von

C. B. Reichert.

Vorgetragen in der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 15. Januar 1863.

(Schluss.)

Brücke sucht ferner die Bedeutung des Kerns für den Zellenorganismus dadurch herabzudrücken, dass er die von mehreren Histologen ihm zuertheilte wichtige Rolle bei der Zellenbildung nicht anerkennt oder doch als unerwiesen darstellt. Ich kann nach meinen Beobachtungen, da ich die erste Furchungskugel nach der nachweislichen Auflösung des Keimbläschens, also ohne Vermittelung eines Stammkernes, sich bilden sehe, dem Kerne gleichfalls nicht die Rolle bei der Zellenbildung zuschreiben, welche ihm häufig vindicirt wird; dennoch darf nicht bestritten werden, dass derselbe da, wo er vorhanden ist, einen wichtigen Factor bei der Zellenbildung ausmache. Wir wissen überhaupt von der Bedeutung des Kerns in dem Zellenorganismus noch sehr wenig; allein wenn man bedenkt, dass die Zoospermien bei den meisten Thieren als frei gewordene Kerne erkannt sind und als solche die Hauptrolle bei der Befruchtung spielen, da darf man seine Bedeutung für die Zelle nicht unterschätzen wollen.

Nach der Beseitigung der Zellenmembran und nach der Zurückstellung des Kerns in seiner Bedeutung für die Zelle wird nun im letzten Abschnitt der dritte Bestandtheil derselben,

der Zelleninhalt, als constanter und Hauptbestandtheil, an mehreren Stellen der Abhandlung, geradezu als der eigentliche Zellenleib abgehandelt. Da ich bereits bei Besprechung der Einleitung des Verfassers mehrere wichtige Punkte aus diesem Abschnitte herausziehen musste, so habe ich gegenwärtig nur noch eine Nachlese zu halten. Brücke hat sich hier, wie es mir scheint, hauptsächlich zur Aufgabe gemacht, diejenigen Erscheinungen an dem Zelleninhalte den Lesern vor Augen zu führen, aus welchen gewissermaassen Anknüpfungspunkte und sogar wirkliche Beweise für seine moleculare Organisationstheorie zu entnehmen seien.

Um diese seine Aufgabe zu erfüllen, geht er zunächst davon aus, dass nach den ursprünglichen Grundsätzen der Zellentheorie der Zelleninhalt eine reine Flüssigkeit sei, die sich zwischen Kern und Membran ansammele. Dieser Ausgangspunkt kann leicht die Lehre von der Zelle verdächtigen, da selbst ein wenig erfahrener Mikroskopiker bei Untersuchung der Zellen sich überzeugen kann, dass der Zelleninhalt in den meisten Fällen neben flüssiger Substanz auch feste Körperchen der verschiedensten Art, oft in sehr grosser Menge, suspendirt enthält. Schon aus diesem Grunde muss ich hervorheben, dass der Verfasser zu der obigen Behauptung und zu seinem Ausgangspunkte kein Recht hat. Man konnte wohl behaupten, dass Schleiden und Schwann, zufolge ihrer gegenwärtig wohl von Niemand mehr angenommenen Zellengenesis, ein flüssiges Cytoblastem durch die Zellenmembran eintreten und daselbst zum Zelleninhalt werden lassen, nicht aber, dass der Zelleninhalt, den man in den Zellen vorfindet, stets eine reine Flüssigkeit sei, da beide Autoren oft genug von seinem körnigen Ansehen, von den in Flüssigkeit suspendirten Körperchen, desgleichen von einer mehr zähflüssigen Beschaffenheit desselben sprechen.

Ausserdem aber würde der Verfasser sich nicht der Einsicht haben verschliessen können, dass den Folgerungen, welche aus den Molecularbewegungen innerhalb der Speichelkörperchen von ihm zu Gunsten der Molecularorganisation abgeleitet werden, die hauptsächlichste Stütze und die volle Beweiskraft ge-

nommen wird, sobald man in Erwägung zieht: dass der Zelleninhalt aus leicht und schwer flüssigen Bestandtheilen zugleich mit den etwa darin suspendirten molecularen Körperchen, oft sogar in deutlich zu unterscheidender gegenseitiger Begrenzung, bestehen könne und häufig bestehe; dass ferner die sogenannte Molecularbewegung kleiner Tröpfchen oder solider Körperchen anorganischer oder organischer Substanzen von dem absoluten und specifischen Gewicht derselben, sowie von der schwer oder leicht flüssigen Beschaffenheit des Mediums, in welchem sie sich befinden, abhängig ist; — und dass endlich alle absichtlich herbeigeführten oder ohne unseren Willen sich einstellenden physikalischen oder chemischen Ursachen, welche die bezeichneten Umstände verändern, das Aufhören oder das plötzliche Eintreten der Molecularbewegung veranlassen. Brücke schreibt, dass er beim Comprimiren niemals ein Speichelkörperchen platzen und den Inhalt freigeben sah, sondern dass die Zelle in einen flachen Kuchen zusammengequetscht wurde, welcher noch alle Körnchen enthielt, die aber nun für immer ihre Bewegung verloren hatten. Daraus wird gefolgert, dass die Bewegungen der äusserst kleinen Körnchen innerhalb der Speichelkörperchen keine sogenannte Molecularbewegungen seien, sondern „dass die Körnchen Bestandtheile eines kleinen Organismus seien, der durch die Quetschung getödtet und seiner Motilität beraubt wurde.“ In diesen letzten Worten soll offenbar auf jene unsichtbare Molecularorganisation des Zelleninhalts hingewiesen werden, obgleich ich bekenne, dass ich nicht recht weiss, wie ich den Sinn der Worte auslegen soll. Unschwer ist es aber einzusehen, dass der Verfasser nur durch die willkürliche und unrichtige Annahme, der Inhalt der Speichelkörperchen sei durchweg leicht flüssig, zu seinen Folgerungen gelangt ist. Für die Speichelkörperchen, die vielleicht nicht aus den Speicheldrüsen stammen, ist das Secret der Speicheldrüsen ein auf sie einwirkendes wasserreiches Agens, und wäre dies auch nicht der Fall, so kann es weiter nicht befremden, wenn die Molecularbewegung der Körnchen nur in einzelnen Gegenden des Zelleninhalts, gerade da, wo leicht flüssigere Substanz vorhanden ist, wahrgenommen wird. Es kann auch

Niemand auffallen, dass in dem zu einem flachen Kuchen zusammengepressten Zelleninhalte, nach Entfernung der leicht flüssigeren Theile oder Vermischung derselben mit den zähflüssigen, die etwa zurückbleibenden, ja vielleicht alle Körnchen keine Bewegung mehr zeigen, sondern an dem zähflüssigen Bestandtheile kleben bleiben. Die Adhäsionskraft tritt nach meinen Erfahrungen oft hindernd der Molecularbewegung entgegen; selbst innerhalb der nicht zerstörten Speichelkörperchen werden die in Bewegung befindlichen Körnchen durch dieselbe vorübergehend oder auch andauernd zur Ruhe gebracht.[1])

Die eigentlichen Deductionen des Verfassers zur Lösung seiner Aufgabe gehen alsdann von der Voraussetzung aus, dass es erwiesen sei, die an der Zelle wahrgenommenen Lebenserscheinungen seien sämmtlich dem Zelleninhalte zuzuschreiben; in demselben müsse also von vornherein ein im Verhältniss complicirter Bau anerkannt werden. Unter den Lebenserscheinungen der Zelle sind es die der sichtbaren Bewegung, welche die Aufmerksamkeit des Verfassers in Anspruch nehmen. Hier wird zuerst auf die schon in der Einleitung besprochene Theorie des Verfassers über den complicirten Bau der contractilen Substanz (angeblich nur Zelleninhalt) des primitiven Muskelbündels hingewiesen. Dieselbe oder doch eine ähnliche moleculare Organisation soll auch in den glatten Muskelfasern, des-

1) Während des Druckes vorstehenden Aufsatzes erhielt ich Kenntniss von der Abhandlung Brücke's: „Ueber die sogenannte Molecularbewegung in thierischen Zellen, insonderheit in den Speichelkörperchen“ (Sitzungsb. d. Kaiserl. Akad. d. W. Bd. XLV S. 629 fg.), in welcher ausführlichere Beobachtungen über die Molecularbewegung in den Speichelkörperchen und über die Beschaffenheit des Zelleninhalts derselben mitgetheilt sind. Die Erscheinungen werden zu Gunsten einer etwa vorhandenen Molecularorganisation des Zelleninhaltes ausgelegt, und zum Schluss wird auf die Möglichkeit hingewiesen, „dass die Bewegung der Körnchen in einem innigen Zusammenhange mit den Lebenserscheinungen des kleinen Organismus stehe, und nicht ohne Weiteres mit der Bewegung kleiner lebloser Körper, welche wir mit dem Namen Molecularbewegung bezeichnen, verglichen werden könne.“ Eine beweiskräftige Angabe für die hier besprochenen Ansichten des Verfassers habe ich nicht vorgefunden.

gleichen in dem angeblich contractilen Zelleninhalt der sternförmigen Pigmentzellen vorhanden sein; denn welches Recht, meint der Verfasser, hätten wir, anzunehmen, dass hier die contractile Substanz einfacher gebaut sei als im primitiven Muskelbündel. Von den Molecularbewegungen in den Speichelkörperchen war bereits die Rede. Endlich wird darauf aufmerksam gemacht, dass wohl auch die so räthselhaften Saftströmungen bei den Pflanzenzellen zu der Kategorie dieser Bewegungserscheinungen gehören. Alle diese Bewegungserscheinungen[1]) werden so besprochen, als ob auch nicht der geringste Zweifel darüber aufkommen könne, dass der Zelleninhalt das contractile Element darstellte. Und doch existirt nach meiner Ueberzeugung nicht ein einziges sicher festgestelltes Beispiel, dass der Zelleninhalt contractil sei; wohl aber lässt sich beweisen, dass die contractile Cilie zur Zellenmembran gehört, einen Fortsatz derselben darstellt, und dass mithin Contractilitätserscheinungen von der Zellenmembran ausgehen. Pringsheim hat an einer *Achlya prolifera* die Cilie in Verbindung mit der Zellenmembran dargestellt. Ich selbst habe namentlich auch neuerdings an den ganz enorm langen und an der Basis nahe $^1/_{300}$''' breiten Cilien der Flimmerzellen an den Tentakeln von Röhrenwürmern von der Richtigkeit dieser Thatsache mich vollkommen überzeugen können. Wie leicht man sich über das eigentliche active Bewegungselement täuschen könne, wenn die passiv in Bewegung gesetzte voluminösere Masse den Inhalt einer feinen contractilen Hülle bildet, das beweisen augenscheinlich die Amöben, von welchen in der Einleitung die Rede war.

In Betreff der übrigen Lebenserscheinungen der Zelle und der Einrichtungen, vermöge welcher der Zellenleib sich ernährt, wächst und seines Gleichen erzeugt, und vermöge deren er specifische Wirkungen ausübt, je nachdem er Nervenzelle, Drüsenzelle u. s. w. ist, — darüber haben wir keinen näheren Aufschluss erhalten.

---

1) Vergl. Nachtrag 2.

Wie steht nun die Lehre von der Zelle gegenüber den Versuchen, dieselbe zu reformiren?

In der Einleitung habe ich hervorgehoben, dass die Existenz der Zelle, als der organisirten, entwickelungsfähigen Grundlage für pflanzliche und thierische Bildungen, durch embryologische Forschungen ausser Zweifel gestellt sei, und dass die Reformversuche zunächst wenigstens nur auf ihre morphologische Beschaffenheit gerichtet sein können. In dieser Beziehung glaube ich für die Beurtheilung des wissenschaftlichen Werthes aller späteren wie auch der mitgetheilten Reformversuche, hier darauf aufmerksam machen zu müssen, dass im regelrechten Gange wissenschaftlicher Forschung ihre Aufgabe noch nicht erfüllt sei, wenn auch thatsächliche Beweise für die eigene Ansicht beigebracht wären. Sobald die Reformen in der Lage sich befinden, Etwas zu negiren, was von der bestehenden Lehre festgesetzt ist, — also z. B. in den mitgetheilten Versuchen das Vorhandensein einer Zellenmembran, — dass dann von ihnen gefordert wird, für diese Behauptung den Beweis zu liefern, d. h. also mit Bezug auf das angeführte Beispiel nachzuweisen, dass die Zellenmembran wirklich nicht existire, — nicht existiren könne. Dieser Forderung wäre zu genügen, auch wenn die Behauptungen der bestehenden Lehre den Stempel des Leichtsinns und des Irrthums an der Stirn trügen; ihre Erfüllung ist aber vollends ganz unerlässlich, wenn man auch nur für einige Fälle die positiven Angaben der bestehenden Lehre bestätigen muss, oder gar, wenn gegenüber den vorliegenden Versuchen durch zuverlässige Beobachtungen die Anwesenheit der bezeichneten drei Bestandtheile, vor Allem der in Abrede gestellten Zellenmembran, an der lebenskräftigen Zelle festgestellt werden kann.

Es ist wohl allgemein anerkannt, dass bei der ersten Begründung der Lehre von der Zelle die An- und Abwesenheit der Zellenmembran öfters ohne einen völlig genügenden Nachweis angenommen wurde, dass man ferner sogar Theile aus der Umgebung des Zellenkörpers für Zellenmembranen gehalten hat, die gegenwärtig als solche beseitigt sind, und dass endlich der

Zellenkörper in sehr vielen Fällen der mikroskopischen Untersuchung unter solchen Umständen vorliegt, die zur Zeit wenigstens weder den Nachweis der Anwesenheit einer Zellenmembran, noch auch den der Abwesenheit derselben gestatten.

Allein, dieses Alles ist bei Entscheidung der angeregten Controverse von unwesentlichem Belange. Steht es fest, dass wir es in Bezug auf die Zelle mit einem den Pflanzen und Thieren gemeinsamen und gleichartigen Elementarorganismus zu thun haben, so genügt es nachzuweisen, dass der Zellenkörper in wenigen Fällen oder auch nur in einem einzigen, — sei es im noch indifferenten aber vollkommen entwickelten Zustande, oder auch in einem zwar histologisch veränderten, aber bei völliger Lebenskraft und bei Erhaltung des Typus der indifferenten Zellenform, — die Membran als Hülle des Inhalts besitzt. Die wissenschaftliche Induction hat dann gerade hier, wo der Untersuchung so zahlreiche, oft ganz unüberwindliche Schwierigkeiten entgegengestellt sind, das in wenigen Fällen oder auch nur in einem einzigen sicher Ermittelte zur Norm für alle gleichartigen Körper zu erheben und so lange daran festzuhalten, bis die Unhaltbarkeit derselben unzweifelhaft erwiesen ist.

Solche wichtige, wenn auch vereinzelte Fälle liegen nun allerdings vor.

In dem sogenannten Furchungsprocess werden uns neugebildete Zellen in verhältnissmässig schneller Aufeinanderfolge vorgeführt. Dass jede neu auftretende Furchungskugel, d. h. jede neu gebildete Zelle einen in ihrem Inhalte suspendirten Kern besitzt, ist bekannt; dass der Zelleninhalt von einer festeren Hülle eingeschlossen sein müsse, kann aus der stets scharf gezeichneten Contour der noch unversehrten Kugel, im Gegensatz zu einer solchen, deren Membran zerstört ist, und daraus wahrscheinlich gemacht werden, dass die Form selbst bei einer leichtflüssigeren Beschaffenheit des Inhalts und unter Bedingungen erhalten bleibt, welche anderweitige Erklärungsweisen ausschliessen. In völlig befriedigender Weise kann man sich von der Anwesenheit einer Hülle an den beiden

ersten Furchungskugeln des befruchteten Froschdotters (*Pelobates fuscus*, *Rana esculenta*) überzeugen. Die Dottermasse ist unerachtet der zahlreichen darin suspendirten festen Körperchen so flüssig, dass die grossen Furchungskugeln in einer schwachen Eiweisslösung, wie die ist, in welcher sie schwimmen, in ihrer Form sich nicht erhalten, sondern bei einem mechanischen Eingriff an der Oberfläche, beim Herausdrängen aus einer selbst grossen Oeffnung der Dotterhaut auseinanderfliessen. Auch ist es nicht möglich an einer so ausgeflossenen und in einer Eiweisslösung aufgenommenen Dottermasse durch Zerrungen, wie an einer zähen Masse, stehende faltenähnliche Erhebungen zu Stande zu bringen.

Im Archiv für Anatomie und Physiologie (Jahrgang 1861 S. 133 fg.), in demselben Hefte, in welchem M. Schultze die Hüllenlosigkeit der Furchungskugeln als eine sicher constatirte Thatsache annehmen zu dürfen glaubte, habe ich bereits mitgetheilt, dass der schon von K. E. von Baer gekannte, von du Bois-Reymond und mir selbst später beobachtete (Müller's Archiv 1841) zierliche Faltenkranz, der bei beginnender Bildung der Meridianfurche zwischen den sich trennenden Furchungskugeln an den die Furche begrenzenden Rändern sichtbar sei, den Beweis für eine Hülle an den betreffenden Furchungskugeln liefere. Das Entstehen des Faltenkranzes ist unter den obwaltenden Umständen, namentlich in Berücksichtigung des leichten Auseinanderfliessens der frischen aus der Dotterhaut befreiten Dottermasse, nur dadurch zu erklären, dass die beiden ersten, eng aneinander gepressten und fest adhärirenden Furchungskugeln bereits vor dem Auseinanderweichen von elastischen Hüllen umgeben seien, und dass diese Hüllen, indem die Halbkugeln in Folge der Schwere von den Rändern aus sich allmälig von einander zu trennen und abzurunden bestrebt sind, durch einzelne schwieriger sich trennende Berührungspunkte, also von Aussen her, ungleichmässig angespannt und zur Faltenbildung veranlasst werden. Dass die Zellenmembran die zu einer solchen Faltenbildung nothwendige, sogar ausserordentlich vollkommene Elasticität besitzen könne, lässt sich sehr gut an den im Capillarsystem sich bewegenden Blutkör-

perchen der Frösche oder Tritonen beobachten. Man sieht hier nicht selten, dass ein Blutkörperchen, an den Theilungswinkel zweier Gefässchen angetrieben und durch den Blutstrom in den letzteren zur doppelten Länge ausgezogen, unmittelbar wieder zu seiner natürlichen Grösse zurückkehrt, sobald es wieder flott wird. Eine auf Kenntniss des ganzen Phänomens gegründete Einsprache gegen die obige Deutung ist und kann wohl auch von keiner Seite erhoben werden. Die einzelnen sichtbaren Falten des bezeichneten Kranzes ziehen ganz an der Oberfläche so gleichmässig glatt hin, entstehen, vergehen und verändern ihre Höhe und Länge nach dem Grade der Ablösung der Furchungskugeln von einander so leicht und plötzlich, dass an einen continuirlichen Zusammenhang der faltenschlagenden Lamelle mit einem im Sinne der Molecularorganisation construirten festeren, das Innere der Kugel durchsetzenden Gerüste nach meiner Ueberzeugung nicht gedacht werden kann.

Ein zweites Beispiel, durch welches die Zellenmembran und, gegenüber der Ansicht Brücke's, auch die hier völlig flüssige Beschaffenheit des Zelleninhalts nachgewiesen werden kann, liefern die Blutkörperchen des Frosches, wenn dieselben mit schwacher Salpetersäure (2—3 %) behandelt werden.[1]) Unmittelbar nach Einwirkung der Salpetersäure erscheint der Kern körnig, und ausserdem stellt sich im Innern des Zellenkörpers ein granulirter Niederschlag ein, der schon bei 3 bis 400facher Vergrösserung ziemlich zahlreiche deutlich sichtbare Körnchen unterscheiden lässt. Die präcipitirenden Körnchen von Eiweiss und Blutfarbestoff lagern sich im Bereiche des Zellenkörpers an zwei Stellen gleichzeitig oder nach einander an: an den Kern und an die Oberfläche des Zellenkörpers. Zuweilen finden sich nur noch wenige Körnchen am Kerne,

1) Ich habe das in Rede stehende Phänomen nicht immer mit gleicher Deutlichkeit und gleichem Erfolge auftreten gesehen, und vermuthe, dass die wechselnde Beschaffenheit des Inhaltes der Blutkörperchen hierauf von Einfluss ist. Bei öfterer Wiederholung des Versuchs mit verschieden schwachen Lösungen der Salpetersäure wird der beschriebene Erfolg nicht ausbleiben.

während an der Oberfläche eine fortlaufende Schicht hinzieht. Die Körnchen springen hier gegen das Innere des Zellenkörpers hügelig vor, während die Contour des Zellenkörpers selbst wie im normalen Zustande glatt, gleichmässig scharf gezeichnet und einfach bleibt. Die Contour wird also nicht durch die Körnchen gebildet; sie gehört zu einem nach aussen von denselben liegenden festen Körper, an welchem die Körnchen adhäriren. Aus dieser Erscheinung muss demnach geschlossen werden, dass an der Oberfläche des Zellenkörpers eine durch die einfache scharfe Contour sich kennzeichnende feste Lamelle vorhanden sei, an welche die präcipitirenden Körnchen sich angelegt haben, — und das ist die Zellenmembran. Und weiter beobachtet man, dass überall in dem Raume, wo zwischen dem von den Körnchen bedeckten, festen Bestandtheile der Zelleninhalt sich ausbreitet, öfters auch nicht die geringste Spur von einem körnigen Niederschlag sichtbar ist, und dieser Raum ist bei dem grossen Froschblutkörperchen genau und deutlich zu übersehen. Aus dieser Erscheinung darf wohl gefolgert werden, dass in dem Zelleninhalte keine festen Theilchen, kein festeres Gerüste vorhanden sein könne, da sonst die präcipitirenden Körnchen zunächst gerade hier sich hätten anlegen müssen, d. h. also dass der Zelleninhalt eine von Blutfarbstoff tingirte reine Eiweisslösung darstelle.

Es giebt noch viele Beispiele, in welchen sich die Anwesenheit der Zellenmembran wissenschaftlich begründen lässt. Alle gleichzeitig sich darbietenden Umstände am Zellenkörper selbst und in seiner Umgebung müssen dann zur Feststellung der Zellenmembran verwerthet werden; man ist sogar öfters darauf beschränkt, ausschliessend zu verfahren und nachzuweisen, dass die vorhandenen Erscheinungen sich am Besten durch eine an der Zelle vorhandene Membran erklären lassen, und dass andere Erklärungsweisen eine auf Erfahrung begründete Basis nicht besitzen. Wer ferner die Zellenkörper in Embryonen während der histologischen Entwickelung in ihrer jedesmaligen Form räumlich begrenzt und gesichert vor sich sieht, unerachtet der Zelleninhalt die dazu nothwendige Consistenz und chemische Eigenschaft nicht besitzt, auch in der

Umgebung Nichts nachgewiesen werden kann, was den Zelleninhalt in seinem Raume begrenzt erhält, vielmehr bei ungünstigen Einflüssen das wirkliche Zusammenfliessen, wie z. B. in den Zellen der Umhüllungshaut beim Meerschweinchen, nicht gehindert ist; — der wird die Nothwendigkeit der Anwesenheit einer den Zelleninhalt im Raume begrenzt erhaltenden Hülle anerkennen, er wird es auch begreiflich finden, dass Schwann, der vielfältig mit embryologischen Forschungen beschäftigt war, dem Zelleninhalt eine festere Hülle beigelegt hat, wenn auch die wirkliche Demonstration derselben nicht immer gelingen wollte.

Während eine noch elastische Zellenmembran, die durch den mehr oder weniger flüssigen Zelleninhalt, je nach dem Zustande der Füllung des Zellenkörpers, in Spannung sich befindet, nach Entleerung des Zelleninhaltes in ihrem zusammengeschnurrten Zustande als Hülle sich nicht demonstriren lässt, kann dieselbe in einem mehr erhärteten und festeren Zustande wie z. B. bei vielen Epithelien namentlich an den verhornten Epidermisschüppchen nach Anwendung einer Kalilösung deutlich demonstrirt werden. Hier wird sie auch von allen Seiten anerkannt, man sucht aber alle wissenschaftlichen Fragen, die sich daran knüpfen, so wie die wichtige Bedeutung der ganzen Zellenmembran dadurch niederzudrücken, dass man sie hier, und zwar ohne Nachweis, nachträglich entstehen lässt, und die Gedanken des Lesers durch gehaltlose Vergleiche mit Cysten oder Schalen von Weichthieren u. s. w. verwirrt. Was wollte man dazu sagen, wenn Jemand, in Grundlage des fast gänzlich verkümmerten und in Hornmasse umgewandelten Inhalts der Epidermisschüppchen, den Schluss zöge, dass der Zelleninhalt überhaupt ein bedeutungsloser Bestandtheil der Zelle sei!

Es mag sein, dass die rationelle Fassung der morphologischen Organisation der Zelle beim Fortschreiten der Wissenschaft Aenderungen erleidet, und dass man namentlich es lerne, den flüssigen und festen organischen Substanzen einen Begriff zu substituiren, der nach den gegenwärtigen Kenntnissen uns noch verschlossen ist; allein, wie bei den Wirbelthieren, wel-

ches auch der rationelle typische Ausdruck der morphologischen Organisation sein möge, in diesem das Hautsystem, das Wirbelsystem mit der Wirbelsaite, das Centralnervensystem u. s. w. ihre Verwerthung finden müssen, so werden auch in der Zukunft, dies ist meine durch Erfahrung begründete Ueberzeugung, in der morphologischen Organisation der Zelle die drei gesonderten Bestandtheile Membran, Inhalt und Kern unterzubringen sein.

Prüft man auf dem durch die wissenschaftliche Forschung geforderten Standpunkte die oben besprochenen beiden Abhandlungen, so wird man zugestehen müssen, dass dieselben ihre Aufgabe nicht erfüllen.

Man hat das Bedürfniss zu reformiren nicht etwa aus der Sache selbst, sondern aus den wohl niemals fehlenden Controversen unter den Histologen, aus gewissen subjectiven Ansichten über Organisations-Verhältnisse, aus der Schwäche menschlicher Erkenntniss überhaupt und mit Beziehung auf die wichtigsten Lebenserscheinungen u. s. w. abgeleitet, — lauter Motive, durch welche ebenso gut Irrthum wie Wahrheit sich begründen lassen.

Als das entschieden wichtigste Motiv darf das von Brücke herbeigezogene in Betreff der Lebenserscheinungen angesehen werden. Wer hätte nicht das Bedürfniss Aufschluss zu erhalten über das Zustandekommen der wichtigsten Akte des Lebens: über den eigentlichen Akt der Zeugung, der Entwickelung, der Ernährung im engeren Sinne des Worts, über die den primären contractilen Erscheinungen zu Grunde liegenden Bewegungen in der Materie, über die Hauptakte im Bereiche des Nervensystems u. s. w.? Wäre Brücke im Stande gewesen durch seine Lehre von der unsichtbaren Molecularorganisation das Zustandekommen eines einzigen dieser Lebensakte, ich sage nicht völlig aufzuklären, nein, auch nur in so weit anzudeuten, dass man daraus entnehmen könnte, von welcher ganz allgemeinen Beschaffenheit nach der Ansicht des Verfassers jene Vorrichtungen sein müssen, durch welche dergleichen Lebensakte verwirklicht werden; — da würde die obige Motivirung eine haltbare Unterlage gewonnen und die dank-

barste Anerkennung sicherlich von allen Seiten nicht gefehlt haben. Um es einsehen zu lernen, wie der molecular organisirte Zelleninhalt seine Aufgabe erfüllt und die erwähnten Lücken in unserer Erkenntniss der Lebenserscheinungen ergänzen könne, werden wir auf die schon bekannten Vorrichtungen zu Erfüllung gewisser Zwecke des Lebens in complicirten thierischen Organismen hingewiesen. Diese aber haben uns über die angeregten Fragen nicht den geringsten Aufschluss gegeben, und ich meinerseits mag nicht zurückhalten, dass ich den Sinn solcher Worte, man suche Ein- oder Vorrichtungen, durch welche der eigentliche Zeugungsakt, der Entwickelungsakt, die psychischen Akte zu Stande kommen, nicht zu fassen vermag, und dass ich beim Hören derselben so gestimmt werde, wie derjenige, welcher davon in Kenntniss gesetzt wird, dass Jemand nach Vorrichtungen suche, vermöge welcher die Anziehung der Materie aus der Ferne Statt hat.

Man behauptet ferner, dass die Zellenmembran und auch der Zellenkern keine constanten und nothwendigen Attribute der lebenskräftigen, völlig entwickelten indifferenten Zelle seien. Es war also die Aufgabe zu beweisen, dass diese beiden Bestandtheile unter genannten Umständen an der lebenskräftigen Zelle nicht vorhanden sind. Was geschieht? Man macht wie ich gezeigt habe eine nicht gerechtfertigte Schlussfolge in Bezug auf den Kern (Vgl. S. 127); und in Bezug auf die Zellenmembran? man negirt dieselbe schlechtweg und ohne Beweis; man erklärt die Zellenmembran, wo sie nicht geläugnet werden kann, für eine Cyste oder etwas dem Aehnliches; oder endlich man beschränkt sich darauf anzudeuten, dass viele von den bisherigen Beweismitteln für die Anwesenheit einer Zellenmembran unter gewissen Bedingungen nicht genügen, und dass sich noch andere Erklärungsweisen der in Rede stehenden Phänomene, natürlich solche die der unsichtbaren Molecularorganisation entnommen sind, denken lassen. Ja, Brücke demonstrirt zuletzt so, als ob die Molecularorganisation gar nicht in Frage stehe, und die Abwesenheit der Zellenmembran an der thierischen Zelle völlig erwiesen sei.

Man hatte so niedergerissen was der Zelle Halt gab und

zu ihrer Organisation gehörte, und es war nun die Aufgabe, an dem Reste der Zelle, an dem Zelleninhalt, etwas Neues in gleichem oder ähnlichem Werthe für die Morphologie an die Stelle zu setzen. Max Schultze begnügt sich den formlosen Zelleninhalt mit einem neuen Namen „Protoplasma“ [1]) als organisirtes Formelement einzuschieben. Brücke's Scharfblicke ist es nicht entgangen, dass die Reform etwas Positives zu leisten habe; er macht den Versuch den formlosen Zelleninhalt durch Molecularorganisation zu organisiren. Es ist ein Versuch, der auf atomistischer Grundlage mittelst chemischer Begriffe und gewisser Vorstellungen aus der Mechanik sich ein kunstreiches Aggregat aufbaut und dieses ohne weiteren Nachweis dem Inhalte als moleculare Organisation zu Grunde legt. Dieser Versuch mag Diejenigen befriedigen, welche das Bedürfniss fühlen auf atomistischer Grundlage Organismen zu bauen; jeder Morphologe, der die Entwickelungsgeschichte und das morphologische Verhalten der organisirten Geschöpfe im ausgebildeten Zustande als Basis unserer Vorstellungen über Organisation anerkennt, wird mir darin beistimmen, dass diese moleculare Organisation zu den missglückten Versuchen zählt, welche schon oft den Morphologen von dieser Seite her dargeboten wurden, und dass man von Neuem die Ueberzeugung gewonnen, wie auf diesem Wege nur Widersprüche mit der Erfahrung hervortreten und ein gesicherter Boden im Bereiche der organisirten Schöpfung nicht zu erlangen ist.

Wenn man die vollen Consequenzen dieser atomistischen Molecularorganisation zieht, wenn man erwägt, dass die Genesis des Elementarorganismus nun nicht mehr an einem formlosen organischen Stoffe stattfinden könne, da jeder Zelleninhalt ja organisirt sein soll; dass ferner jeder befruchtete Bildungsdotter oder der Zelleninhalt jeder ersten Furchungskugel und jeder ersten Zelle, mit welcher die Lebensgeschichte der Species die Entwickelung des individuellen Lebens beginnt, in der Molecularorganisation die Einrichtungen zur Ausbildung des entwickelten Organismus finden müsse: dann handelt es sich

1) Hierzu Nachtrag 3.

nicht mehr um eine Reform der Zelle mit Beziehung auf ihre Beschaffenheit, dann bleibt als gemeinsame Bildungsform für Thiere und Pflanzen nur noch die Kugelform übrig, und auch die Einschachtelungs-Theorie dürfte, da unsere gegenwärtigen Vorstellungen von Zeugung und Entwickelung als wirklichen Neubildungsprocessen an einem zu allen möglichen Dienstleistungen molecular eingerichteten und organisirten Zelleninhalt nicht festzuhalten sind, mit einem neuen Gewande in die Wissenschaft ihren Einzug halten können.

Nachtrag 1.

Ueber die contractile Substanz im primitiven Muskelbündel.

Unerachtet die Entwickelungsgeschichte der quergestreiften Muskelfaser, wie bereits angegeben wurde, in keiner Weise zur Genüge aufgeklärt ist, so können doch für die Beurtheilung der morphologischen Eigenschaften der contractilen Substanz folgende Thatsachen festgestellt werden: 1) dass das contractile Gewebe, abgesehen von dem Sarkolemma und den Muskelkörperchen, ursprünglich als Fasergebilde auftritt und sich entwickelt; 2) dass an diesem Fasergebilde in der ersten Zeit der Bildung keine Querstreifung wahrgenommen wird; und 3) dass die Querstreifung ziemlich plötzlich und zwar zu einer Zeit sichtbar wird, wann deutlich ausgesprochene Muskelbewegungen des Embryo vorhanden sind. Die genetische Induction verlangt daher, dass die quergestreifte contractile Substanz zunächst als Fasergebilde und zwar als ein Bündel von Fibrillen aufgefasst werde. Mit dieser Auffassung stimmt auch die Thatsache überein, dass die fertig gebildete, frische, quergestreifte contractile Substanz häufig und oft sehr leicht in Fibrillen, niemals aber in Sarcous elements oder in Discs zerfällt.

Auf Grundlage des Fasergebildes muss daher nach meinem Dafürhalten die so schwierige Aufgabe in Betreff der bei An-

wendung des gemeinen Lichtes sichtbaren Querstreifung und weiterhin des Zerfallens der contractilen Substanz bei der Maceration in quere Abschnitte, in Discs und Sarcous elements, gelöset werden; es heisst den verkehrten Weg gehen, wollte man von den Macerationsprodukten aus über die morphologischen Eigenschaften der contractilen Substanz aburtheilen. Hiernach kann die Querstreifung nur aus einer Formveränderung des Fasergebildes, resp. der Fibrille abgeleitet werden; anderweitige, z. B. chemische Veränderungen können zugleich mit dem Auftreten der queren Streifen vorhanden sein, sie können aber unter den gegebenen Umständen nicht die Querstreifung hervorrufen. Jene, die Querstreifung veranlassende Formveränderung könnte bestehen: in der Umwandlung der geradlinigen, gleichmässig dicken Faser in eine variköse, perlschnurartig geformte ohne Veränderung des geradlinigen Verlaufes, oder in eine kurzwellige (vielleicht spiralig?) fortziehende Faser ohne Veränderung des Dickendurchmessers, oder endlich durch Uebergang in eine Form, in welcher sowohl der Dickendurchmesser als der geradlinige Verlauf zugleich in der bezeichneten Weise verändert ist. Durch unmittelbare Beobachtung ist nicht, wenigstens nicht mit genügender Sicherheit, zu entscheiden, welche von den bezeichneten Formen der Querstreifung zum Grunde liegen; wir wissen auch Nichts darüber, ob die Fibrille im gestreiften sowie im ungestreiften Zustande eine solide, festweiche Masse oder einen Hohlcylinder, — sei es mit dicker Wandung und einer für uns unsichtbaren Höhle mit Inhalt, oder mit unsichtbarer Hülle und sichtbarem Inhalt, — darstelle; nur darüber kann meines Erachtens nicht der geringste Zweifel obwalten, dass die Fibrille oder die Fibrillenmasse nicht aus reiner Flüssigkeit, auch nicht aus einer Substanz gemischten Aggregatzustandes mit der physikalischen Eigenschaft einer Flüssigkeit bestehen könne.

Die Lücken in unserem Wissen glaubt man durch Macerationsproducte wenigstens theilweise füllen zu können. Ich kann hier nicht auf die einzelnen Hypothesen eingehen, welche aus dem zuweilen und unter noch unbekannten Umständen eintre-

tenden Zerfall des primitiven Muskelbündels in Discs und der Fibrille in Sarcous elements abgeleitet worden sind. Alle Hypothesen stimmen aber darin überein, dass sie die bezeichnete Erscheinung für einen völlig gesicherten Beweis des Vorhandenseins zweier verschiedener Bestandtheile in der Fibrillenmasse halten, von denen der eine durch die Sarcous elements die bald in Discs, bald in Längsreihen sich ordnen, der zweite durch eine Kittsubstanz vertreten wird, die sogar flüssig sein soll. Bei unseren so schwachen Kenntnissen von der morphologischen Beschaffenheit des contractilen Fasergebildes kann die Möglichkeit, dass zwei verschiedene Bestandtheile in der Länge einer Fibrille abwechselnd aufeinanderfolgen, nicht bestritten werden; selbst eine geradlinig verlaufende, variköse Fibrille wird dieselben enthalten und zugleich das Zerfallen in Discs im Allgemeinen verständlich machen. Doch treten diejenigen Hypothesen in Widerspruch mit den durch die Entwickelungsgeschichte festgestellten Thatsachen, welche eine solche Beschaffenheit dieser Bestandtheile oder einen derartigen Aufbau der contractilen Substanz durch die letzteren construiren, dass dies ursprüngliche Fasergebilde unhaltbar wird.

Man darf indess ausserdem sich nicht der Einsicht verschliessen, dass durch das Zerfallen der Fibrillenmasse in Discs überhaupt noch nicht ein sicherer Beweis für das Vorhandensein zweier Bestandtheile in derselben geliefert ist. An einer in Discs zerfallenden quergestreiften Muskelfaser sieht man nur die Substanz, aus welcher die Scheiben bestehen und Nichts weiter. Die Annahme, dass der zweite Bestandtheil zwischen den Scheiben aufgelöst oder durch Zersetzung verloren gegangen sei, ist nicht zulässig, da die Muskelfaser sich niemals aus freien Stücken in Scheiben auflöst oder sich trennt, sondern stets durch Anwendung eines gelinden Druckes und Zerrung in Scheiben zerlegt werden muss. Wer aber Muskelfasern, die leicht in Discs getrennt werden können, beobachtet hat, dem kann es nicht entgangen sein, dass dieselben in einem solchen Zustande aus einer leicht brüchigen Substanz bestehen. Bei einer solchen Beschaffenheit der Substanz in der Fibrille und in der ganzen Fibrillenmasse kann das regelmässige Zer-

fallen in Sarcous elements und Discs auch in dem Fall erklärt werden, wenn die Fibrillen ihrer ganzen Länge nach sich gleichartig verhalten, aber einen regelmässigen, wellenförmigen oder spiralen Verlauf besitzen. Die einzelne Fibrille so wieeine ganze Fibrillenmasse bei entsprechender Anordnung der Faserelemente, bietet dann dem Druck und der Zerrung, sofern die Ebene, in welcher die Welle fortzieht, radiär zur Axe der Faser gestellt ist, in regelmässigen Abständen die günstigsten Angriffspunkte für das Zerbrechen in regelmässige Querabschnitte dar. Aus dem Zerfallen der brüchig gewordenen, macerirenden Fibrillenmasse in Discs und Sarcous elements kann und darf also nicht mit Sicherheit auf die Anwesenheit zweier verschiedener in der Längs- oder Queraxe der Faser in abwechselnder Aufeinanderfolge gelagerten Bestandtheile der contractilen Substanz geschlossen werden. Erwägt man ferner, dass eine der Länge nach völlig gleichartige Fibrille oder Fibrillenmasse bei einer regelmässigen welligen Form unter Anwendung des polarisirten Lichtes, sofern die optische Axe mit der Längsaxe der Faser zusammenfällt, das Bild von regelmässig aufeinanderfolgenden doppelt- und einfachbrechenden Regionen gewähren müsse: so gelangen wir zu dem Resultat, dass bei dem gegenwärtigen Stande der Anatomie es überhaupt nicht sicher erwiesen ist, dass die bezeichneten beiden Bestandtheile in der Fibrillenmasse vorhanden sind; bei Verwerthung derselben, insbesondere der Sarcous elements und Disdiaklasten, auch für die Faserbildung in der quergestreiften contractilen Substanz ist daher nicht zu vergessen, dass man von einer hypothetischen Grundlage ausgeht.

Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die Beschaffenheit der quergestreiften Fibrille sind dürftig und genügen nicht einmal zur Entscheidung der angeregten Controverse über die Querstreifung. Meine Aufgabe ist auch vorzugsweise darauf gerichtet, den Ansichten gegenüber, die heutzutage über den Bau der quergestreiften contractilen Substanz mit einem fast auffälligen Anspruch auf Glaubwürdigkeit verbreitet werden, das Unhaltbare, Zweifelhafte und Hypothetische, ich kann

wohl sagen, wieder in Erinnerung zu bringen. Doch möchte ich zum Schluss noch einen bisher nicht beachteten Gesichtspunkt für weitere Forschungen eröffnen. Man hat bisher die Formveränderungen, welche an den ursprünglich gleichförmigen und ungestreiften Fibrillen beim ziemlich plötzlichen Erscheinen der Querstreifen eingetreten sein können, gewöhnlich als Produkte einer weiter vorgeschrittenen histologischen Ausbildung betrachtet. Könnte erwiesen werden, dass die Fibrille aus zwei, auch chemisch verschiedenen, linear aufeinanderfolgenden Abschnitten zusammengesetzt sei, so wäre dieser Standpunkt gerechtfertigt. Ich habe indess gezeigt, dass nicht einmal die Sarcous elements festgestellt seien; eine Flüssigkeit vollends lässt sich für die Faserbildung als zweiter Bestandtheil in Abwechslung mit den Sarcous elements gar nicht verwerthen. Unter solchen Umständen darf man wohl in Erwägung ziehen, ob nicht jene die Querstreifung bedingenden Formveränderungen der Fibrille entweder als eine Elasticitäts-Erscheinung oder vielleicht als Wirkung der Contractilität angesehen werden können. Es ist nicht zu bezweifeln, dass die frei in ihrer Scheide eingeschlossene Fibrillenmasse stets einem gewissen Druck ausgesetzt ist. Die Fibrillen befinden sich also in einer gezwungenen Lage, durch welche sie möglicher Weise veranlasst sein könnten, selbst die so regelmässige Wellenform anzunehmen. Ebenso ist bekannt, dass als nächste sichtbare Wirkung jener Bewegung in der Materie, die wir mit dem Namen „Contractilität“ belegen, sich eine Formveränderung des contractilen Gebildes selbst durch Verdickung und wellenförmige Biegung zu erkennen giebt. Setzt man den Fall, dass die quergestreifte Fibrillenmasse in dem sogenannten Zustande der Ruhe einer stetig andauernden Contraction mässigen Grades ausgesetzt bleibt, so könnte auch an eine davon abhängige, die Querstreifung bedingende und stetig andauernde Formveränderung der Fibrillen gedacht werden.

Nachtrag 2.

Ueber Contractilitäts-Erscheinungen.

In Folge der Sarkode-Theorie hat sich sowohl in anatomi-

schen und zootomischen als auch in physiologischen Abhandlungen eine ganz auffällige Unsicherheit, um nicht zu sagen Unklarheit, in Beurtheilung von Contractilitätserscheinungen zu erkennen gegeben. Um nicht missverstanden zu werden, sehe ich mich veranlasst meinen Standpunkt zu der Sache näher auseinander zu setzen. Ich gehe davon aus, dass wir von den im Innern einer contractilen Substanz vor sich gehenden Veränderungen der Materie, jener Bewegung nämlich, durch welche die Formveränderungen des contractilen Gebildes bewirkt werden, weder mit Hilfe des Mikroskops noch auf eine andere Weise irgend welche Aufklärung erhalten haben. Unser Wissen beschränkt sich, wie ich bereits in meiner Abhandlung über die Scheinfüsse der Polythalamien zu bemerken Gelegenheit nahm, auf die Kenntniss der sichtbaren Erscheinungen, die als erste Wirkungen jener Bewegung an der contractilen Substanz selbst und in Folge dessen als mechanische Leistung in nächster Umgebung des contractilen Gebildes auftreten; jene mögen die primären oder activen Contractilitätserscheinungen, diese die secundären oder passiven genannt sein.

Die activen Contractilitätserscheinungen bestehen nachweislich niemals in einer Massenbewegung innerhalb der contractilen Substanz selbst, sie zeigen sich vielmehr als Formveränderungen derselben, als Verkürzung und Verdickung der contractilen Substanz, wenn die inneren Veränderungen scheinbar plötzlich am ganzen Gebilde auftreten, oder als Contractionswelle von nach Umständen wechselnder Form, wenn ein für uns sichtbarer zeitlicher Ablauf derselben vorliegt. Die primären Contractilitätserscheinungen sind es, welche bei den mechanischen Leistungen und zum Verständniss der secundären oder passiven Bewegungserscheinungen zu verwerthen sind. Diese letzteren, in Folge der Formveränderung der contractilen Substanz sich einstellenden, Erscheinungen geben sich stets als eine Verschiebung oder Bewegung der in der Umgebung befindlichen Theile zu erkennen, und die Art dieser Bewegung, die mechanische Leistung der contractilen Substanz, ist dann abhängig von den physikalischen Eigenschaften und den etwa vorhandenen morphologischen Verhältnissen der

in der Umgebung gelagerten Theile und Substanzen, zu welchen bei dem primitiven Muskelbündel schon die primitive Scheide gerechnet werden muss. Schon vor Jahren (Geb. d. Bind. S. 168 Müll. Arch. 1847 J. S. 23) habe ich darauf hingewiesen, dass die mechanische Leistung der contractilen Substanz im primitiven Muskelbündel, in Folge der bezeichneten Formveränderung, nicht in einer direct auf die Umgebung ausgeübten Zugkraft bestehn könne, da die eigentliche contractile Substanz hier und wohl überall mit den sie umgebenden Gebilden (etwa Sehnen, Knorpel, Knochen etc.) in keiner solchen Verflechtung und continuirlichen Verbindung stehe, um dies ausführen zu können. Die contractile Substanz wirkt also zunächst durch die bei der Verkürzung gleichzeitig auftretende Verdickung d. h. durch Druck auf die Umgebung, und veranlasst so die secundären Bewegungserscheinungen in den nächsten und entfernter gelegenen nicht contractilen Gebilden, die dann auch, wenn die Structurverhältnisse es bedingen, als ziehende Kräfte wirken können. Befindet sich in der Umgebung eine flüssige Substanz, so könnte unter geeigneten Umständen eine selbst regelmässige Strombewegung zu Stande kommen. Für unstatthaft muss ich es aber halten, die activen und passiven Contractilitätserscheinungen in der Art durcheinander zu werfen, dass man die letzteren geradezu für die Anwesenheit einer contractilen Substanz verwerthet, oder gar in denselben das active Element anerkennt. Selbstverständlich können Massenbewegungen auch auf andere Weise zu Stande kommen als durch Contraction und in Folge der durch diese herbeigeführten Formveränderungen contractiler Substanzen. Man darf nicht vergessen, dass z. B. in den Pflanzenzellen strömende Bewegungen vorliegen, die sich in keiner Weise von einer etwa vorhandenen Formveränderung contractiler Substanzen haben ableiten lassen. Auch will ich nicht zurückhalten, dass ich mir keine Vorstellung davon machen kann, wie jene auch innerhalb des Zellenkörpers öfters sichtbare, so ganz charakteristische Bewegung kleiner Körnchen oder Tröpfchen, die man Molecularbewegung genannt hat,

durch Contraction contractiler Substanzen veranlasst werden soll. Endlich wäre es wohl zu wünschen, dass man mit grösserer Vorsicht, als es bisher geschehen, aus selbst wechselnden Formveränderungen der Zellenkörper eine contractile Eigenschaft derselben ableitet; völlige Gewissheit zu erhalten ist in den meisten Fällen nicht möglich, ein Irrthum dagegen, herbeigeführt durch chemische Veränderung des Zelleninhaltes und durch Diffusionswirkungen, gar zu leicht.

Nachtrag 3.

Ueber den Gebrauch des Wortes „Protoplasma".

Das Wort „Protoplasma" wurde bei der Zelle und zwar bei den Pflanzenzellen zuerst von H. Mohl gebraucht. Der Verfasser unterscheidet (Grundzüge d. Anat. u. Phys. der vegetabilischen Zelle, besond. abgedr. aus Wagner's Handwörterb. der Physiologie, 1851): Zellenmembran (Cellulosekapsel) und Inhalt derselben. Am Inhalte werden gesondert: a) Primordialschlauch, Protoplasma und Zellenkern; b) Zellsaft; c) Körnige Bildungen im letzteren (Chlorophyll, Amylumkörnchen u. s. w.) Mit dem Namen „Protoplasma" wird die eiweissreiche, zähflüssige, körnige Substanz bezeichnet, welche bei jungen Zellen neben dem Kern die ganze Höhle des Primordialschlauches anfüllt, bei etwas älteren diesen Raum mit dem alsdann in Form einer gesonderten Masse auftretenden Zellsaft theilt, und die später unter Umständen von letzterem ganz verdrängt werden kann. Ich unterlasse es, auf die Mittheilungen des Verfassers über das Lagerungsverhältniss des Protoplasma mit Kern und des Zellsaftes bei den Zellen näher einzugehen, in welchen Saftströmungen vorkommen (a. a. O. S. 42); nur das will ich hervorheben, dass H. Mohl, der das Wort „Protoplasma" einführt, diese Bewegung in und an dem Protoplasma vor sich gehend beschreibt. M. Schultze bezeichnet mit dem Namen „Protoplasma" vielerlei: Alles, was Dujardin Sarkode nannte, auch den ganzen Amöben-Körper u. s. w., den ganzen Zelleninhalt mit Ausnahme des Kerns, wo eine Membran

vorhanden ist, und den ganzen Zellenkörper, abgesehen von dem Kern, in allen den Fällen, in welchen die Anwesenheit einer Membran von ihm geleugnet wird. Brücke gebraucht das Wort Protoplasma ähnlich wie M. Schultze; ausserdem wird bei den von ihm beobachteten Saftströmungen in der Zelle der Brennhaare der Nesseln die ruhende Substanz an der Innenfläche der Cellulosekapsel (Primordialschlauch?) Protoplasma genannt, und für die sich bewegende Masse, welche Hugo Mohl zum Protoplasma rechnet, wird der Name „Intracellularflüssigkeit" eingeführt. Ein so willkürlicher Gebrauch der Namen ist vor der Wissenschaft nicht allein nicht zu rechtfertigen, er ist auch von höchst nachtheiligen Folgen. Es mag gerechtfertigt sein, dass der Botaniker zwei sich so scharf scheidende Partieen des Zelleninhalts mit besonderen Namen bezeichnet. Die Uebertragung dieser Namen auf die Zelle im Allgemeinen, insbesondere auf die thierische Zelle, ist aus zwei Gründen bedenklich. Einmal ist es noch nicht sicher festgestellt, was bei Pflanzenzellen zum Zelleninhalt zu rechnen und welcher Theil als das Aequivalent der thierischen Zellenmembran anzusehen sei. Sodann wäre es doch völlig unstatthaft, verschiedene Namen beim Zelleninhalt da einzuführen, wo der letztere die entsprechenden scharf geschiedenen Bestandtheile nicht besitzt. Ohne Zweifel sind im Zelleninhalt der thierischen Zelle verschiedenwerthige Bestandtheile vorhanden; es werden sich ausser dem wesentlichen, integrirenden Bestandtheile auch noch Abfälle und in die Zelle eingedrungene fremde Stoffe, vielleicht auch noch diese von verschiedener Bedeutung, darin vorfinden. Wir sehen dieselben aber meistentheils nicht sichtbar geschieden von einander. Was soll man hier mit solchen Namen anfangen? Das Nachtheiligste für die Wissenschaft wäre es, was leider Statt gefunden hat, dass man die Namen nunmehr nach Belieben verbraucht.

Zur Physiologie des Gehörorganes.

Ueber die Bedeutung der musculi tensor tympani und stapedius, gestützt auf klinische Beobachtungen.

Von

Sanitäts-Rath J. ERHARD.

Privatdocent.

Kurze Zeit vor seinem Tode besuchte ich Johannes Müller, um ihn um seine Meinung zu bitten, ob er der Ansicht Toynbee's beistimme, dass der musc. stapedius der Antagonist des musc. tensor tympani sei.

Ich hatte einige Muskelpräparate von der Trommelhöhle mitgebracht, Joh. Müller zerrte daran mit einer Pincette und sprach: sie sind keine Antagonisten, sie sind Beide Sicherheitsventile gegen den Druck aufs Labyrinthwasser, der musc. stapedius regulirt die Wirkung des musc. tensor tympani.

Joh. Müller hatte bekanntlich die sehr richtige Ansicht, dass die Schwingungen der Luft, welche wir für gewöhnlich hören, nicht intensiv genug sind, um Beugungsschwingungen, Einwärtsschwingungen des Trommelfelles und somit Stempelbewegungen der basis stapedis nach Innen hervorzurufen; er fürchtete aber andererseits den Eintritt solcher bei intensiveren Schwingungen, wie bei starkem Lärm und Knall, und fürchtete in diesen Fällen einen Druck auf's Labyrinthwasser.

Um jenen soviel als möglich abzuschwächen, waren seiner Ansicht nach die musc. tensor tympani und stapedius vorhanden, indem diese sich bei starken Schwingungen gemeinschaftlich contrahiren.

Durch die Contraction des musc. tensor tympani allein wird das Trommelfell zwar beugungs- und schwingungsunfähiger; was aber der musculus tensor tympani auf diese Weise am Trommelfell nützte, würde er durch Einwärtstreiben der basis stapedis am Labyrinthe schaden müssen, wenn nicht gleichzeitig ein zweites Sicherheitsventil, der musc. stapedius, durch seine Contraction die basis stapedis nach hinten und aussen, der Stempelbewegung entgegengesetzt, zu ziehen sich bestrebte.

Und somit verursachen selbst intensivere Schwingungen noch keinen Druck auf's Labyrinthwasser!

Diese Ansicht von Joh. Müller wird lehrreich bestätigt durch die Erscheinung, welche wir mitunter bei Individuen beobachten, die an Lähmung des nervus facialis leiden. Bei diesen ist dann das zweite Sicherheitsventil, der musc. stapedius ausser tigkeit gesetzt und die Folge davon ist, dass schon mässig intensive Schwingungen, wie ein lautes Sprechen, durch Druck auf's Labyrinthwasser die fatalsten Empfindungen, Betäubungen u. s. w. hervorrufen.

Dass aber auch von Aussen einmal ein Luftdruck die Macht der Sicherheitsventile brechen kann und alsdann einen Druck auf's Labyrinthwasser ausüben wird, hat ja Joh. Müller nie bezweifelt.

Ein solcher heftiger, plötzlicher Druck auf's Labyrinthwasser bewirkt aber bei Lebzeiten Taubheit; so die Taubheit nach Ohrfeigen, so die Taubheit nach Abschiessen von Gewehren in verdecktem Raume, (in Sömmerda werden alle Offiziere, weil sie laut Verordnung die Schusskraft neuer Gewehre im verdeckten Raume prüfen müssen, „pflichtgetreu" taub), so die Taubheit beim Schiessen gegen ein Echo, (im letzten Jahre verloren hier in Berlin drei bekannte Persönlichkeiten ihr Gehör beim Fahren über den Königssee durch das dortige Echo) so die Taubheit der Hammerschmiede, (ich habe deren zu Hunderten im bergischen Lande untersucht und nie Einen gefunden, der nicht taub war, während bei Kesselschmieden das Gegentheil sich zeigt, weil diese im freien Raume arbeiten und mehr Lärm als Erschütterung zu ertragen haben) u. s. w.

Die Ursache einer so plötzlich nach Erschütterung eintre-

tenden Taubheit dürfte wohl zweifelsohne hinter der Trommelhöhle liegen, und wenn es auch bisher noch nicht gelungen ist, durch die Section die Ursache festzustellen, so bleibt es doch meines Erachtens ein sehr beredender Beweis für die Kopfknochenleitung als clinisches Diagnosticon, dass in allen diesen Fällen ohne Ausnahme sogleich mit dem Eintritt der Taubheit und dem Auftreten von Sausen die Kopfknochenleitung schwindet und zwar auf beiden oder nur auf einem Ohre, je nachdem beide oder nur eins davon betroffen werden, und dass sofort mit dem Wiedereintritt des Gehörs auch allemal die Kopfknochenleitung sich wieder einstellt.

Wenn wir mit dem Finger die Gehörgänge luftdicht verschliessen, so verspüren Viele von uns „Sausen", aber nicht Alle, und was berechtigt uns denn nun, dieses Sausen als Druckerscheinung auf's Labyrinthwasser zu erklären?

Wir verspüren ja auch schon Sausen, wenn wir den Gehörgang einfach mit Watte verlegen, die ja nicht luftdicht schliesst, wir bekommen ja schon Sausen, wenn sich ein Stückchen Cerumen nach Innen verirrt, ohne das Trommelfell zu berühren, ohne den Gehörgang abzuschliessen.

Der geringe Luftdruck, den das Einlegen der Finger in den Gehörgang auf's Labyrinthwasser ausüben könnte, wird sicherlich durch die Wirkung der Sicherheitsventile annulirt.

Wenn wir den Valsalva'schen Versuch anstellen, so verspüren wir in dem Augenblicke, wo wir ein Auswärtsdrängen des Trommelfelles fühlen, kein Sausen — wohl aber wenn wir längere Zeit in dem Valsalva'schen Versuche verharren.

Aber was berechtigt uns das Sausen rein mechanisch als eine Druckerscheinung auf's Labyrinthwasser hinzustellen, da wir gleichzeitig dann auch andere Erscheinungen, wie Injectionen der Gefässe am Trommelfell wahrnehmen, und auch Individuen dabei über Sausen klagen, deren Tuba verschlossen ist?

Wäre es eine Druckerscheinung, so müsste sie doch gleichzeitig mit der Spannung des Trommelfelles sich bemerkbar machen.

Der Taucher klagt in der Taucherglocke über Sausen, er

macht den Valsalva'schen Versuch und das Sausen ist verschwunden. Wäre es Druckerscheinung auf's Labyrinthwasser und nicht, wie Joh. Müller annimmt, auf's Trommelfell, so kann es doch nicht durch den Valsalva'schen Versuch verschwinden.

Wenn jede Veränderung des Luftdruckes in der Trommelhöhle sofort einen Druck auf's Labyrinthwasser ausübte, und wir dürfen wohl viel eher annehmen: „kein Druck ohne Sausen", als „kein Sausen ohne Druck", so wäre es doch ein tückischer Zufall, dass unter Hunderten von Kindern, welche schwerhörig waren, durch veränderten Luftdruck in der Trommelhöhle in Folge von Katarrh der Pharynx mit Unwegsamkeit der Tuba nie eins über Sausen klagte!

Wir haben als Otologen nur sehr selten Gelegenheit, mit Zuversicht bei Lebzeiten die anatomische Diagnose einer Functionsstörung aufstellen zu können, eigentlich nur, wenn diese durch mechanische Hindernisse, durch Cerumenanhäufung aussen und Schleimanhäufung am ostium pharyngeum tubae. bedingt ist, und sofort mit der Entfernung dieser Producte schwindet. Dieses geschieht aber in den eben genannten Fällen.

Diese Individuen haben also nie Sausen und hören allemal von den Kopfknochen aus im Gegensatz zu dem oben Erwähnten; sie sind dabei lediglich akustisch taub durch verminderte Resonanz des Trommelfelles, weil der einfache physikalische Versuch lehrt: dass eine Membran an Schwingbarkeit einbüsst, sobald sie nicht auf beiden Seiten mit gleich gespannter Luft umgeben ist.

Alle normal Hörende hören den Ticktack einer Ankeruhr beim festen Andrücken an die Kopfknochen, und zwar durch die Verbreitung der Schwingungen dieser auf das Labyrinthwasser.

Halten nun normal Hörende die Gehörgänge zu und machen den Valsalva'schen Versuch, so hören Einige nichts in Folge einer idiosynkratischen Betäubung, die Meisten den Ticktack scheinbar etwas lauter; ich sage scheinbar, weil sie ihn lauter zu hören glauben, wenn sie den Versuch am

geräuschvollen Tage und am geräuschvollen Orte vornehmen, nicht aber, wenn sie denselben Versuch bei Nacht am einsamen Orte anstellen.

Wenn nun hierbei ein Druck auf's Labyrinthwasser einträte, so müsste nach physikalischer Vorstellung dasselbe inzwischen an Schwingbarkeit einbüssen, und somit die Perception durch die Kopfknochen sich vorübergehend verringern.

Es ist nämlich ein physikalisches Gesetz, dass die Materie, welche in Schwingungen geräth, dieselben durch innere Reflexion, durch Resonanz verstärkt, falls sie begränzt und frei beweglich ist. Alle Theile unseres Gehörorganes sind nach physikalischen Gesetzen ja Conductoren und Resonatoren; deshalb verlieren wir an Funktion, wenn die freie Beweglichkeit des Trommelfelles oder je eines Knöchelchens beeinträchtigt ist, eben deshalb ist auch unser Labyrinthwasser durch die Nachgiebigkeit der Fenestra rotunda während der Schwingungen der basis stapedis nicht nur ein Conductor, sondern auch ein Resonator.

Die geniale Ansicht von Johannes Müller, dass die geringeren Luftdrucksschwankungen in der Trommelhöhle, welchen wir im Leben beim Steigen auf die Höhe oder in die Tiefe, bei respiratorischen, Schluck- und Schlingbewegungen, beim Schnauben u. s. w., nicht entgehen können, durch die Wirkung der *musc. tensor tympan.* und *stapedius* ausgeglichen werden, wurde also bestätigt durch alle functionellen Erscheinungen des Gehörorganes, sie wird aber scheinbar über den Haufen geworfen durch die physikalischen Experimente von Adam Politzer, welche freilich an der Leiche angestellt sind. —

Politzer öffnete das Labyrinth und kittete in die Oeffnung eine Manometerröhre luftdicht ein; er fand, was physikalisch ganz natürlich ist, ein Steigen der Flüssigkeit im Manometer bei der Compression der Luft des äusseren Gehörganges oder der Trommelhöhle von der Tuba aus und schliesst folgerecht auf Compression des Labyrinthwassers. Aber darum halte ich den Schluss für nicht gerechtfertigt, dass nun auch

bei Lebzeiten durch einen gleichen Luftdruck vom Gehörgange oder der Trommelhöhle aus eine gleich starke Compression des Labyrinthwassers eintreten muss; hier muss der Widerstand des musc. tensor tympani und stapedius angeschlagen werden, der bei den Experimenten von Politzer nicht berücksichtigt worden ist.

Gegen die unbedingte Schlussfolgerung aus Politzer's sonst sehr exactem Experimente dürften eben die oben angeführten Thatsachen sprechen.

Ueber Drüsenzellen in der Lungenschleimhaut bei Amphibien.

Von

Dr. O. Gegenbauer in Jena.

Ein drüsiger Apparat, der über einen grossen Theil der Schleimhautfläche der Luftwege sich verbreitet, ist bis jetzt nur bei den Säugethieren durch genauere Untersuchungen bekannt, indess, soviel ich weiss, für die übrigen luftathmenden Wirbelthiere nur eine ganz kurze Mittheilung, von Leydig (Histologie pag. 373.) über die Vögel, existirt. Da nach letzterer Angabe die Drüsen in der Trachea nur „kurze einfache Säckchen" sind, so könnte man darauf hin zur Annahme gelangen, dass bei noch einfacherem Baue der Lungen, wie er etwa bei den Amphibien sich befindet, drüsige Bildungen gänzlich fehlten.

Meine auf das Studium der Epithelverhältnisse der Amphibienlunge gerichteten Untersuchungen, führten mich zu Ergebnissen, die in Bezug auf die Verbreitung der drüsigen Appa-

rate nicht unwichtig erscheinen, und die ich deshalb hier in der Kürze darlegen will.

Untersucht man den Epithelüberzug der stärkeren Balkennetze einer Froschlunge unter dem Mikroskope, so wird man vor allem die Flimmerzellen gewahr, welche die gesammten Vorsprünge überkleiden, und zu der Ansicht veranlassten, dass die Lunge der Amphibien allerwegs von einem Wimperepithel ausgekleidet sei. In einem viele sorgfältige Beobachtungen enthaltenden Aufsatze tritt neuerlich Eberth (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XII. Heft 4) gezeigt, dass die den Alveolen der Säugethierlunge entsprechenden Flächen zwischen den Leistchen eines Balkens ein cilienloses Plattenepithel aufweisen, und damit ist die frühere Angabe corrigirt. Der von mir zu beschreibenden Bildungen finde ich in jenem Aufsatze keine Erwähnung gethan.

Die nur auf bestimmte Localitäten beschränkten Wimperzellen der Lungen des Frosches können, im frischen Zustande untersucht, kaum als Cylinderzellen gelten. Ihre Höhe ist fast der Breite gleich. Sie sind scharf aber sehr fein contourirt, haften innig zusammen, so dass man fast nur grössere Zellgruppen bei Präparationsversuchen abtrennen kann. Die Kerne sind sphärisch, hell, aber schärfer umgränzt, und umschliessen ausser einem Nucleolus noch mehrere kleine Körnchen, die jedoch erst nach der Behandlung mit Essigsäure deutlich hervortreten; die cilientragende Oberfläche der Zellen ist cuticulaartig verdickt. Zwischen diesen Wimperzellen, aber viel spärlicher, finden sich noch andere Zellen vor, auf die ich hier die Aufmerksamkeit lenken möchte. Es sind längliche Schläuche, etwa von dem Volum der Wimperzellen, allein etwas schmächtiger gestaltet; sie ragen mit einzelnen Ausnahmen zwischen den Wimperzellen vor und unterbrechen so die cilientragende Fläche. Man kann an ihnen zwei Abschnitte unterscheiden, von denen jeder so ziemlich die Hälfte einer Zelle einnimmt. Der oberflächliche zwischen den Wimperzellen sich vordrängende und mit halbkugliger Vorragung endende, enthält eine Masse dichtgedrängter gleich grosser Körnchen, die in ganz spärliche formlose Grundsubstanz eingebettet sind.

Der andere, tiefere Abschnitt der Zelle ist bei Untersuchung in continuo mit den Wimperzellen sehr schwer zu erkennen, da ihm die den oberen Theil füllenden Körnchen abgehen, und er nur wenig Protoplasma sammt einem grossen länglichen, hellen Kerne umschliesst. Dieser trägt durch seine zarten Contouren, wie durch den Mangel weiterer geformter Bestandtheile, nicht wenig dazu bei, dass diese ganze untere Zellenpartie zwischen den ihr ähnlichen Wimperzellen wenig unterscheidbar ist. Die äusserste Umgränzung der Körnchenzellen ist überall gleichmässig zart, die oberflächliche Cuticularbildung der Wimperzellen fehlt gänzlich, so dass es eigentlich nur die bei durchfallendem Lichte dunkel erscheinenden Körnchenmassen des Inhaltes sind, welche bei Untersuchung des Balkenüberzuges zu der Vermuthung führen, dass hier noch andere, von den Wimperzellen verschiedene Epithelelemente vorhanden sein möchten.

Was ich eben als beim Frosche (*R. esculenta*) vorkommend anführte, fand ich in noch mehr überraschender Weise auch bei Tritonen (*Tr. Wurfbainii*). Der die Lungenvene bergende Balken ist mit einem dichten Cylinderepithel überkleidet, dessen Elemente die bezüglichen des Frosches um das dreifache an Länge übertreffen. Diese Form des Epithelüberzuges setzt sich nicht nur in der ganzen Länge des Hauptstammes fort, sondern geht auch auf die Aeste über, von denen er jedoch nur eine ganz kurze Strecke überkleidet, um wie scharf abgeschnitten mit wulstigem Rande aufzuhören. Auf die Verzweigungen der Aeste, selbst auf jene, die noch vor der Endstelle des Epithel abgingen, sah ich nie den Ueberzug sich fortsetzen. Schon bei geringer Vergrösserung ergiebt sich ein höchst zierliches Bild, indem in die helle Masse des Epithelwulstes in ziemlich regelmässigen und nicht fernen Abständen dunklere, kolbig erscheinende Flecke eingestreut sind. Da dieselben mit ihrer Längsachse in Einer Richtung lagern, und durch ihre, bei auffallendem Lichte, dunkle Beschaffenheit deutlicher vortreten als die zwischen ihnen befindlichen helleren Epitheltheile, so lassen sie den ganzen Gefässstamm sammt den Anfängen seiner Aeste wie mit regelmässigen Zotten besetzt erscheinen. Bei

Anwendung stärkerer Vergrösserung ergiebt sich folgendes: Die langen durchsichtigen Cylinderzellen bilden die Hauptmasse des Epithels, sie besitzen runde häufig in Theilungszuständen befindliche Kerne mit 1—2 Nucleolis, ausserdem nur noch feinste, in der Nähe des Kernes in das ganz homogene Protoplasma eingebettete Molecüle. Die Aussenfläche der Zelle trägt einen ansehnlichen Cuticularsaum, und auf diesem, ähnlich wie beim Frosche, feine, lange Cilien. Durch die Cuticula scheinen die einzelnen Zellen inniger unter einander zusammen zu hängen, sie läuft von einer Zelle zur andern, ohne eine wahrnehmbare Gränze. Zwischen den Wimperzellen sind wimperlose vertheilt, so dass 1—3 der ersteren zwischen je zweien der letzteren sich befinden. Die wimperlosen Zellen bilden jene dunkleren Flecke von denen vorhin die Rede war. Sie sind gegen die Oberfläche des Wimperepithel breiter, stärker, keulenförmig, mit abgerundetem Ende meist etwas vorragend, und an diesem Theile dicht mit Körnchen gefüllt, die feiner sind als die in den analogen Zellen der Froschlunge. Gegen die Tiefe hin laufen die Zellen in einen den Kern enthaltenden helleren Abschnitt aus, in dem wenig oder gar keine Körnchen sich finden. Einzelne dieser Körnchenzellen dringen nicht bis über die Oberfläche des Epithels vor, sondern enden etwas zugespitzt näher oder ferner von der Oberfläche zwischen den Wänden der Wimperzellen.

Welche Bedeutung kommt diesen eigenthümlichen körnchenhaltigen Zellen zu? Man könnte sie vielleicht als pathologische Bildungen ansehen, als der Fettmetamorphose verfallene Epithelzellen. Dem widerspricht aber Vieles. Der Inhalt ist von den der fettig veränderten völlig verschieden, es sind weder jene feinen Molecüle vorhanden wie sie im Beginne des Processes um den Kern sich sammeln, noch die Tröpfchen und Bläschen, wie sie später die Zelle auszeichnen, wenn die Veränderung weit vorgeschritten ist. Die Zellen liegen auch nicht immer dicht an der Oberfläche, und bei den an die Oberfläche gerückten, mit einem Ende daranstossenden, ist es nicht die ganze Zelle, welche mit Körnchen gefüllt ist, sondern nur der gegen die Oberfläche gerichtete Abschnitt. Diese Zellen tra-

gen auch in einem Cuticularsaum noch Wimperhaare, entbehren dadurch des innigeren Zusammenhanges mit den benachbarten Wimperzellen, und bestärken damit ferner die Ansicht, dass sie eine eigenthümliche, mit den gewöhnlichen Epithelzellen nicht zusammenzuwerfende Zellform seien. Zudem habe ich das geschilderte Verhalten bei allen untersuchten Individuen aufgefunden, es überall gleichmässig erkannt. Das Auswachsen der in tieferen Lagen sich mit Körnchen füllenden Zellen gegen die Oberfläche hin, und gerade die Lagerung des körnchenhaltigen Abschnittes an der Oberfläche giebt einen Fingerzeig für die Bedeutung der Zellen. Es werden die Körnchen Beziehungen zur Innenfläche der Lungenschleimhaut besitzen, es wird in ihnen ein Secret zu erkennen sein, und in den Zellen Secretionsapparate. Ich könnte hier noch anführen, dass ich im Inneren der Lungen der genannten Amphibien jene Körnchen auch frei in kleinen Klümpchen angetroffen habe, aber darauf will ich weniger Gewicht legen, da man ja die Lunge bei der Untersuchung doch immer so verletzt, dass die Möglichkeit in jenen Körnchen den Inhalt durch die Untersuchung zerstörter Zellen vor sich zu haben, keineswegs ausgeschlossen ist. Wenn man die Reihenfolge der Entwickelungszustände jener Zellen zusammengefunden, und auch die letzten Stadien, in denen sie mit Körnchen prall gefüllte Vorragungen zwischen den übrigen Epithelzellen darstellen, gehörig gewürdigt hat, wird gegen die genannte Deutung kein Zweifel aufkommen können. Aber noch ein Punkt bedarf der besonderen Besprechung. Da wir es mit einfachen Zellen zu thun haben, die aus ihrem Protoplasma ein Secret formen, so liegt von vorne herein die Vermuthung nahe, dass mit der Secretbildung und Entleerung die Zelle ihren Untergang finde, wie es bei vielen anderen Drüsenzellen der Fall ist. Diess ist mit unseren Drüsenzellen doch wohl nicht der Fall. Fasst man eine Zelle ins Auge, so erkennt man ihren unteren Theil weit entfernt vom oberen, und stets homogenes Protoplasma umschliessend. In der Regel ist dieser untere Theil durch einen engeren Hals vom oberen körnchenhaltigen geschieden. Der untere Theil enthält zugleich, was ich als von besonderer

Wichtigkeit hervorhebe, stets den Kern, der also von der Körnchenmasse weit entfernt ist. Diese Verhältnisse, die Trennung eines oberen körnchenhaltigen und eines unteren kernhaltigen Abschnittes, sind bei den Tritonen sehr eclatant. Es ist mechanisch nicht gut denkbar, dass mit der Entleerung des oberen körnchenhaltigen Theiles die ganze Zelle sich entleere, dass auch der untere, durch eine halsartige Einschnürung vom oberen geschiedenen Theil, auf die Oberfläche der Schleimhaut austrete. Es wird vielmehr mit dem Bersten des freien Stückes, die von Wimperzellen gebildete Nachbarschaft sogleich zusammentreten, und über dem Halse des tieferen Stückes der Secretzelle, die mit dem Austritte des Körncheninhaltes gebildete Lücke ausfüllen, so dass dann das tiefere Zellenstück, welchem ungeachtet der Abtrennung seines oberen Theiles alle Eigenschaften einer lebensfähigen Zelle erhalten bleiben, sich wieder ohne Zusammenhang mit der Oberfläche befindet. Diese ganz nothwendig aus dem thatsächlichen Verhalten hervorgehende Betrachtung führt uns also dahin, dem tieferen Zell-Abschnitte eine längere Existenz zuzutheilen, als dem oberflächlichen, und anzunehmen, dass die Bildung eines zwischen die oberflächlichen wimpertragenden Epithelzellen auswachsenden Fortsatzes, — der sich allmählich mit Körnchen füllt, sich vergrössert, das Niveau der Epitheloberfläche erreicht, dort alsdann kolbig hervorragt und endlich mit Berstung seinen Inhalt entleert, — ein an einer und derselben Zelle sich öfter wiederholender Vorgang sei. Damit würde dann die Zelle aus der Reihe der gewöhnlichen Secretionszellen heraustreten, sie würde offenbar eine viel grössere Selbstständigkeit, eine höhere Dignität besitzen, und eine Stelle einnehmen, die sich zwischen den gewöhnlichen Secretzellen vieler Drüssen und den sogenanten einzelligen Drüsen der Wirbellosen am besten einordnen liesse. —

Für die körnchenhaltigen Zellen des Lungenepithels der Amphibien ergeben sich auch nicht zu unterschätzende Analogieen. Es sind dies die von Leydig in der Epidermis von Fischen nachgewiesenen „Schleimzellen", die ich wohl jenen parallel setzen darf. Hier wie dort entwickeln sich zwischen

den secretorisch indifferenten Formelementen eines Epithels, eine Anzahl anderer, ihren Inhalt in Körnchen umwandelnde Zellen, von denen die der Epidermis der Fische jedoch nach Vollendung dieses Geschäftes zu Grunde gehen, indem sie den Inhalt entleeren. — Der Haut der Fische fehlen bekanntlich eigene Drüsen, ebenso wie der Lunge der Amphibien. In beiden Fällen bietet sich durch einzelne, zwischen die übrigen Epithelelemente eingestreute secernirende Zellen ein Ersatz, indem diese hier die Rollen spielen, die sonst einem complicirten Organe, einer Drüse übertragen ist. In beiden Fällen ist die Zelle der Anfang einer Organreihe, die mit mannigfaltigen und zusammengesetzten Bildungen abschliesst. —

Ein Fall von Nebenpankreas in der Magenwand.

Mitgetheilt

von

Dr. C. Gegenbauer.

Es ist eine häufig sich treffende Erscheinung, dass Beobachtungen, wenn auch nur als Ergebniss des Zufalls, innerhalb verhältnissmässig kurzer Zeit an mehreren Orten gemacht werden, und dann öfter sich wiederholen, bis endlich dem Objecte der Charakter der Seltenheit dadurch genommen wird. Das gilt auch von dem Vorkommen eines Nebenpancreas in den Darmwandungen. Während die ältere Literatur, wie auch die neuere bis ins laufende Decennium, keine solche Fälle verzeichnet hat, ist seit 1859 bereits eine grössere Anzahl davon zur Kenntniss gekommen. Es geht aus diesen Fällen hervor, dass es eine sehr grosse Strecke des Darmrohrs ist, an der

accessorische Pankreasbildungen vorkommen können; sowohl am Magen, als am Dünndarm bis an die vorletzte Schlinge des Ileum finden sie sich. Klob (Zeitschr. der Gesellschaft der Wiener Aerzte 1859) beschreibt 2 Fälle. Zenker (Virchow's Archiv 1861) theilt deren 6 mit, und neuerdings hat E. Wagner (Archiv f. physiol. Heilkunde 1862) diese Fälle um 2 vermehrt.

Am häufigsten ist das Vorkommen eines Nebenpankreas an der ersten Schlinge des Leerdarms, am seltensten erscheint die Bildung an der Magenwand. Davon haben Klob und Wagner je einen Fall beschrieben, wozu auch ich einen fügen kann. Das Präparat, welches ich der Freundlichkeit meines Collegen Gerhardt verdanke, verhält sich folgendermassen: An der Innenfläche eines normalgebildeten Magens sass nahe an der kleinen Curvatur und 2 Cm. von der Pylorusklappe entfernt, eine rundliche, etwas hervorragende Geschwulst, von 14 Mm. Durchmesser an der Basis und 6 Mm. Dicke. Sie zeigte sich überall gleichmässig von der Magenschleimhaut überzogen, die, in dem Umkreise der Geschwulst zwar scharf abgesetzt, aber ohne sonstige Veränderung in die benachbarte Fläche überging. Die Oberfläche der Geschwulst war ohne secundäre Unebenheiten, etwas vor der Mitte mit einer seichten Vertiefung ausgestattet. Die nähere Untersuchung erwies den Sitz der Geschwulst in der Submucosa, so dass die Muscularis des Magens ohne Spur von Ausbuchtung die platte Aussenfläche überzog, und die Geschwulst nur die Mucosa ausbuchtete, mit der sie auch enger und fester zusammenhing, als mit der Muskelhaut. Der drüsige Bau trat schon bei der Betrachtung der Durchschnittsflächen mit blossem Auge hervor, röthlich-gelbliche rundlich gestaltete Läppchen waren durch Bindegewebe unter einander vereinigt, erschienen jedoch etwas fester unter einander verbunden als beim normalen Pankreas. Die mikroskopische Untersuchung zeigte klar den Bau einer acinösen Drüse, und speciell alle Verhältnisse des feineren Baues des Pancreas, so dass hierüber füglich nichts näheres angegeben zu werden braucht. Einen Ausführungsgang, den E. Wagner in dem von ihm beschriebenen, sonst ganz ähnlichen Falle, nicht aufzufinden ver-

mochte, fand ich, allerdings erst nach längerem vergeblichen Suchen, etwas seitwärts von der Mitte der Oberfläche, und konnte mit einer Borste bis 2 Millimeter weit in ihm vordringen. —

Kurze Uebersicht der Lehre des Muskeltonus.

Von

J. Cohnstein.

(Aus meinen von der Königl. Berliner Universität und der Akademie der Wissenschaften zu Brüssel gekrönten Preisschriften über Muskeltonus.)

Die Gewebe des Körpers zeigen im Leben, wenn sie sich nur im normalen Zustande befinden, eine Turgescenz und Resistenz, die man Tonus genannt, während der entgegengesetzte Zustand als Atonie bezeichnet wurde. So bieten die arteriellen Gefässwände dem Blute einen Widerstand, der durch Texturveränderung der Gefässe selbst oder durch Alteration der vasomotorischen Nerven herabgesetzt, eine Erweiterung der Gefässe, sogar den Durchtritt der Blutelemente durch die Wände herbeiführen kann.

Gründete auf diese allgemeinen Data hin die Medicin eine ganze, sogenannte tonische Behandlungsweise, so war es der Physiologie überlassen, die Natur der Gewebe festzustellen, die bei der Production des Tonus thätig, und die Bedingungen auszumitteln, unter welchen eine tonische Action stattfindet.

Das Muskelgewebe musste natürlicher Weise als Hauptbestandtheil aller Organe der willkürlichen und automatischen Bewegungen die wesentlichste Rolle des Tonus einnehmen.

Drei Perioden charakterisiren die Lehre des Muskeltonus: die der Phrasen, in welcher das Wort noch keine feste Bedeutung gehabt, die des Raisonnements, welche mit Joh. Müller beginnt und die der Experimente seit Heidenhain.

Uebergehen wir die erste Periode hier ganz. — Joh. Müller also sprach sich zuerst dahin aus, dass die Muskeln in der Ruhe einem fortdauernden Nerveneinfluss unterworfen seien, der eine geringe unwillkürliche Contraction, den Muskeltonus, unterhalte. Auf das Factum hauptsächlich, dass nach Durchschneidung eines Muskels die beiden Enden nicht im Contact bleiben, sondern sich zurückziehen, stützte Müller seine Ansicht. Ausserdem hob er den habituellen Zustand der Sphinkteren und das allgemein bekannte Phänomen hervor, dass in der Apoplexie, d. h. bei Lähmung der Muskeln einer Körperhälfte, das Gesicht nach der entgegengesetzten Seite verzogen sei.

Diese Theorie ergiebt eine fortdauernde Spannung der in Rede stehenden Muskeln und die dabei betheiligte Action der Nerven.

Marsh. Hall adoptirte die Theorie Müller's und suchte die Ursache dieses continuirlichen Impulses in den Nervencentren; Henle nahm diesen Zustand für alle Muskeln in Anspruch.

Bis zum Jahre 1846, der Zeit Ed. Webers, war diese Theorie allgemein angenommen. Nachdem schon Schwann im Jahre 1837 bei Feststellung der Gesetze, nach welchen die irritirten Muskeln Gewichte verschiedenster Art zu heben im Stande wären, auf das Verhalten zu den elastischen Körpern aufmerksam gemacht, bewies Weber nicht nur die Elasticität der Muskeln in der Ruhe, sondern zeigte auch, dass sich die Muskeln in einem Zustande fortdauernder elastischer Spannung befänden. Diese Spannung hängt nach Weber nicht vom Nerven ab, da ein lebender Muskel nach der Durchschneidung sich noch zurückzieht, selbst wenn sein Nerv vollständig getrennt ist.

Der Muskeltonus wäre demnach ein einfaches, vom Nervensystem unabhängiges Phänomen der Elasticität.

Die Experimente Weber's sind indessen in dieser Frage nicht entscheidend. Sie beweisen wohl die Existenz einer rein elastischen Spannung, aber sie schliessen die Möglichkeit nicht aus, dass die Nerven diese Spannung vermehren, und wiederum einen continuirlichen Impuls den Muskeln geben, die bereits durch ihre physikalische Eigenschaft gestreckt sind.

Diese Möglichkeit zu erproben, musste die Spannung vor und nach Durchschneidung der Nerven gemessen werden. Zu diesem Zweck hängte Heidenhain an die getrennte Sehne eines lebenden Muskels ein bestimmtes Gewicht, und bewies sq, dass nach Durchschneidung des Nerven das Gewicht nicht tiefer herabsinke. Also hatte der Nerv in der Ruhe auf den Muskel nicht die Wirkung, dass das Gewicht erhoben wurde, er hatte ihm, mit einem Worte, keinen continuirlichen Impuls gegeben.

Heidenhain's Experimente wurden vielfach bestätigt, der Tonus Müller's sonach gestrichen und die Spannung der Muskeln als alleiniges Ergebniss der Elasticität angesehen.

Neue Zweifel aber entstanden bei diesem Resultate mit den Versuchen von Brondgeest im Jahre 1860. Dieser hängte nämlich einen Frosch, dem die medulla spin. nahe der medul. obl. und der nerv. ischiadicus einer Seite durchschnitten war, mit einem durch die Nase geführten Faden vertikal auf, und beobachtete, dass das Glied, dessen Nerv zerstört war, senkrecht herabhing, während sich das intacte Bein nach einer halben Stunde etwas erhob und in allen Gelenken leicht flectirt blieb. Der mit dem Rückenmark communicirende Nerv der gesunden Seite gab den Flexoren also noch einen leichten Impuls, einen von den Nerven abhängigen Tonus. Dass diese leichte Contraction eine Reflexbewegung sei, zeigte die Durchschneidung der sensibeln Wurzeln des ischiadicus, welche den Tonus aufhören machte.

Diesen Reflextonus griff Hermann an, indem nicht eins der im Sinne Müller's bezeichneten Merkmale auf das Brondgeest'sche Grundphänomen passe, und führte die Erscheinungen auf das Rückenmarks-Sensorium zurück. Von unserer Seite bleibt dieser Einwand unberücksichtigt, da die

Frage umgangen ist, unter welchen Umständen diese Contraction der Flexoren auftritt.

Jürgensen fand einen constanten Unterschied in der Länge des rechten und linken Beines des Frosches bei Wiederholung der Versuche von Brondgeest und läugnet deshalb das Factum. Diese Angaben wurden von uns nicht bestätigt.

Die Aufgabe unserer Untersuchungen war es nun, die Ursache zu finden, die diesen Reflextonus hervorruft, und weiter dahin zu sehen, ob dieser Tonus unter den gewöhnlichen Bedingungen, d. h. den physiologischen im Leben existire. Von dem Brondgeest'schen Experimente ausgehend, constatirte ich, dass die Differenz in der Position beider Glieder bei einem decapitirten Frosch, dem der eine Nerv. ischiadicus durchschnitten war, aufhöre, sobald das Thier horizontal auf Queckeilber gelegt wird. Hier haben beide Beine unter allen Verhältnissen eine mittlere gebeugte Stellung, in welche sie stets zurückkehrten, wenn sie durch äussere Kräfte herausgebracht waren. Da in der vertikalen Lage die von Brondgeest beobachtete Contraction der Beuger des Schenkels eintrat, lag der Schluss nicht fern, dass gewisse sensible Nerven durch besondere Umstände gereizt werden mussten, die wohl bei dem aufgehängten, nicht bei dem horizontal gelagerten Frosche existirten.

Waren es nun die Gelenknerven, deren anatomische Verhältnisse in meiner Arbeit näher auseinandergesetzt sind? Ihre Durchschneidung zeigte in der Winkelneigung des Knie-, des Tibiotarsal-, des Tarso-Metatarsal-Gelenkes keine Aenderung.

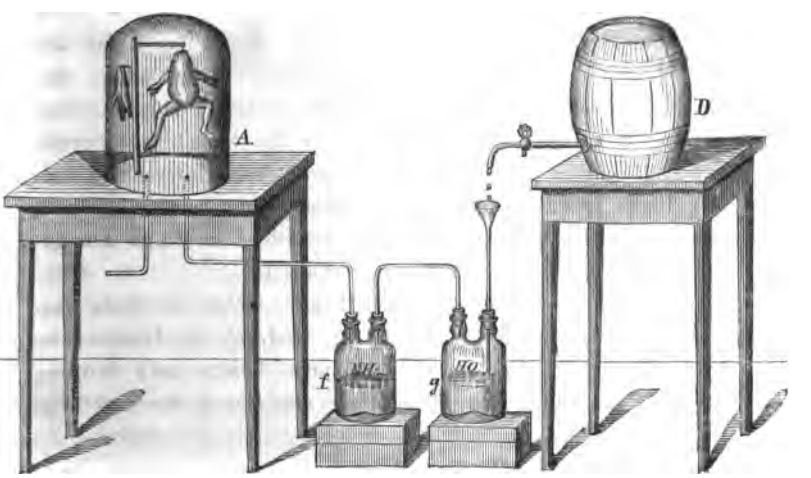
Waren es die Hautnerven? — Führte ich mehrere Circular-Incisionen durch die Haut des Ober- und Unterschenkels eines decapitirten Frosches, dessen nn. ischiadici noch unversehrt waren, so zeigte sich eine Differenz in der Winkelneigung, deren Intensität mit der Zahl der Schnitte zunahm. Den Vorwurf zu meiden, als ob diese Differenz der Glieder mehr das Product des mechanischen Zuges als der Durchschneidung der Nerven sei, indem die Reflexbewegungen der Thiere bei diesen Operationen so bedeutend sind, dass eine gewisse Zugkraft mit der Hand oft nothwendig schien, narkotisirte ich den noch intacten Frosch und führte mit leich-

ten Pincetten die Incisionen. Das Resultat bei dem sodann decapitirten Thiere war das oben erwähnte. Zog ich unter derselben Cautel grössere Hautpartien des Ober- oder Unterschenkels ab, so war der Effect der nämliche. Durchschnitt ich endlich auf der einen Seite den Nerv. ischiadicus und löste auf der anderen die Haut des Schenkels ab, so war bei gleicher Winkelstellung dieselbe Länge der Extremitäten.

Eine Entscheidung blieb nun noch zwischen den Haut- und Muskelnerven, welche letztere, nur bei negativem Resultate jener von Wichtigkeit sein konnten. Subcutan durchschnitt ich also die Hautnerven mit einem Neurotom, das aus einer spitzen, halbmondförmigen Nadel bestand, die auf der convexen Seite zugeschärft in einen hölzernen Schaft eingefügt wurde. War eine Verletzung der Haut hie und da auch kaum zu vermeiden, so kann ungeachtet dieser angenommen werden, dass Durchschneidung der Hautnerven des Ober- und Unterschenkels, oder der unteren Partie des Ober-, des Unterschenkels und Tarsus denselben Erfolg habe wie die einseitige Ischiadicustrennung oder die Ablösung der Haut einer Extremität.

Der Reflextonus hängt demnach von den Hautnerven ab.

Im Einklange mit diesem Resultat stehen ferner die durch geringe Hautreize vermehrten Contractionen der Flexoren, die so erzielt wurden. In dem Tische A sind zwei Oeffnungen;



die eine communicirt durch eine gekrümmte gläserne Röhre mit der äusseren Luft, die andere steht durch einen längeren Tubulus mit der ersten Oeffnung der zweihalsigen Flasche f in Verbindung. Die zweite Oeffnung dieser communicirt mit der ersten Oeffnung der zweihalsigen Flasche g, während der zweite Hals der letzteren ein fast bis zum Boden reichendes Rohr hält, das trichterförmig oben zuläuft. Der Porzellannapf D, dessen untere Mündung mit einem Hahn geschlossen werden kann, enthält Wasser. Soll der Apparat nun in Wirksamkeit treten, so wird an den auf dem Tische A befindlichen Galgen der decapitirte Frosch mit einseitig durchschnittenen Hautnerven oder getrenntem Nerv. ischiadicus aufgehängt und eine luftdicht schliessende Glocke darüber gestellt. Wird jetzt die Flasche f bis zum dritten Theil mit kaustischem Ammoniak oder Essigsäure angefüllt, und der Hahn so gedreht, dass das Wasser tropfenweise durch den Trichter in die Flasche g gelangt, so entweicht die hier verdichtete Luft durch die Flasche f und erreicht mit sehr geringen Quantitäten Ammoniak oder Essigsäure den unter der Glocke befindlichen Frosch. Dreht man den Hahn aber so, dass das Wasser ohne Unterlass ausfliessen kann, so zeigt sich nach einigen Palpitationen des Thieres sogleich jene vermehrte Contraction der Flexoren, die wir bei tropfenartigem Ausfliessen erst nach längerer Zeit erreichen konnten. Dass aber wirklich nur geringe Mengen Ammoniak zu dem Frosche gelangten, zeigte das unter der Glocke befindliche, in Salzsäure getauchte Fliesspapier, das keine Salmiakdämpfe erzeugte. Schwefeläther dagegen, von dem man voraussetzen kann, dass er die Sensibilität herabsetzt, gleicht in die Flasche f gebracht, den Unterschied beider Beine aus, während Chloroform, Chlorwasserstoffsäure, Kampherspiritus, Terpentinöl sich vielleicht in Folge der geringeren Flüchtigkeit indifferent verhalten.

Mit der Erledigung der einen Frage, woher der Reiz ausgehe, blieb zu erwägen noch übrig, wodurch die Hautnerven gereizt würden. Nur an drei Momente konnte man denken, an die Perspiration, die chemische Veränderung der Luft und

die durch das Gewicht des Gliedes auf die Haut ausgeübte Traction.

Um den Einfluss der Perspiration festzustellen, hängte ich den ebenso wie oben tractirten Frosch in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum; modificirte dieses Verfahren durch Aufhängen des Thieres in Wasser, doch eben nur der unteren Extremitäten, auf die es ankam, oder durch Bepinselung eines Beines mit Olivenöl. Füllte ich ein Glas zur Hälfte mit Wasser, zur Hälfte mit Oel und leitete an dem beweglichen Metallfaden des Galgens den Frosch in das Oel, so befand sich die gesunde Extremität in dem Oel, während die andere gerade das Niveau des Wassers berührte. In allen diesen Versuchen war der Erfolg also derselbe, wie in der Luft. —

Den Einfluss der chemischen Eigenschaft der Luft zu prüfen, experimentirte ich mit Wasserstoffgas. Während bei Anwendung des oben erwähnten Tisches die Luft aus der einen Oeffnung entweichen konnte, drang durch die andere das aus Zink und Schwefelsäure erzeugte Gas unter die Glocke. Da sich auch hier dasselbe Resultat wie in der Luft zeigte, blieb nur die dritte Art der Irritation der Haut übrig, der auf die Hautnerven durch das Gewicht des Gliedes ausgeübte Zug, für den schon das Fehlen eines Unterschiedes in der horizontalen Lage des Thieres sprach.

Auf die Versuche v. Wittich's, der die Verdunstung an der Oberfläche bei der grossen Reflexibilität der Versuchsthiere Brondgeest als das wichtigste Moment annimmt, gehe ich bei dem entgegengesetzten Ergebnisse meiner Versuche nicht näher ein.

Resümiren wir, so ergiebt sich weder die Existenz eines Tonus im Sinne J. Müllers, noch die eines Brondgeest'schen Reflextonus unter den gewöhnlichen normalen Bedingungen des Lebens. Streng genommen, ist dieser Schluss aber nur endgiltig für die Muskeln der Extremitäten.

Den Tonus der Sphinkteren zu prüfen, stellte ich Versuche in der von Rosenthal, Heidenhain, Collberg, v. Wittich, Sauer angegebenen Art an. Sie bestehen in der Injec-

tion warmen Wassers in die Blase oder das Rectum eines Thieres, um den Druck zu messen, der zur Ueberwindung des Sphinkteren-Widerstandes nothwendig ist. Die von Sauer angegebene Cautel, den Injectionstubulus bis in die Blase selbst durch den Ureter einzuführen, um den Widerstand dieses zu vermeiden, habe ich beachtet und gefunden, dass bei dem lebenden Thiere und gleich nach dem Tode derselbe Druck, eine Wassersäule von 200—210 Mm. zur Ueberwindung der Sphinkteren nothwendig war. Ich schliesse daraus, dass die elastische Spannung der Spinkteren allein die Ursache des Verschlusses sei.

Die weiteren Principien des Muskeltonus finden eine Erledigung in meiner Arbeit, auf die ich nochmals verweise.

Ueber Cephalometrie in Beziehung auf Phrenologie und Ethnologie.

Von

Professor Mayer in Bonn.

Die Cephalometrie ist in neuester Zeit ein Lieblingsstudium der Physiologen geworden, um einen Maassstab an das Organ der Intelligenz des Menschen anzulegen, sowohl in Betreff des Verhältnisses der verschiedenen Dimensionen dieses Organes zum Maasse oder Grade der Intelligenz überhaupt, womit die sogenannte Phrenologie sich beschäftigt, als auch zum Grade der Intelligenz unter den verschiedenen Menschenracen, worauf die Ethnologie ihre Eintheilung derselben basirt hat. Es ist nun die Cephalometrie theils Craniometrie oder Messung der pars cranii des Kopfes, theils Opsiometrie oder Messung der pars facialis desselben. Erstere genügt der Phre-

nologie. Die Ethnologie hat auch die letztere in den Kreis ihrer Forschung zu ziehen. Die Craniometrie erforscht und misst nur die äussere Schale des Organs der Intelligenz und ist daher nur eine Vorarbeit für die Encephalometrie, die Messung des Gehirns selbst oder des Kernes dieser Schale. Ihre Gesetze werden daher nur auf Geltung Anspruch machen dürfen, wenn sie mit den aus der Encephalometrie gezogenen Gesetzen in Uebereinstimmung sich befinden. Ich will nun hiermit versuchen, den Werth und die Bedeutung der Craniometrie zur Bestimmung des Meridiangrades der Intelligenz des Menschen festzustellen, und sodann auch die Bedeutung der Encephalometrie in dieser Beziehung zu würdigen.

Es scheint mir zuvörderst nöthwendig zu sein, auf die Unsicherheit und Unzulänglichkeit der Craniometrie überhaupt und insbesondere der jetzt zeitig angewendeten Methoden der Messung aufmerksam zu machen. Es muss im Voraus wiederholt werden, dass der materielle Aufbau des Schädels nicht blos von dem Eingreifen des Encephalums in dessen Bildung abhängt, sondern seine Masse zugleich von der des ganzen Knochensystems oder des Skeletes bedingt ist, dass nur die innere Lamelle des Schädels ein Abdruck des Gehirnes ist, seine äussere Lamelle der Anlagerung und Ziehkraft der Gesichtsknochen und der an den Schädel gehenden Muskeln Folge leisten muss, dass auch die Zwischenhöhle beider Lamellen (Diploë) dem Gehirn fremden Bildungsgesetzen unterliegt, dass somit Volumen und Vorsprünge des Craniums mit dem und denen des Gehirns nicht gleichen Schritt halten. Es ist daher auch längst anerkannt, dass wir der Craniometrie namentlich der blos äusserlichen Craniometrie nur einen relativen Werth zuschreiben dürfen. Einen grössern Werth haben wir dagegen auf die Messung der Höhle des Schädels oder auf die Craniometria interna zu legen, da die innere Fläche des Schädels einen treueren Abdruck des Encephalums darstellt.

In Beziehung auf die Sicherheit der Schlüsse beider Messmethoden sind aber noch einige Berichtigungeu nothwendig. Erstens haben wir noch kein gemeinschaftliches Maass oder keine allgemeine Uebereinkunft der Maassanlegung. Zahl und

Richtung der Maasse sind bei jedem Physiologen eine andere. Es wird kreuz und quer gemessen, ohne physiologische Beziehung zum Gehirn, so z. B. bei den 48 Maassen von Meigs, bei denen von Busk und Anderer. Mit dem Bau des Gehirns mehr coincidirend sind, allerdings die Messungen von Baer's.

Es wird wegen dieser Unordnung im Messen des Schädels wohl allgemein die Nothwendigkeit gefühlt, eine allgemein für die Physiologen gültige Messmethode festzustellen, wie man in der Musik, im Handel solches gemeinschaftliches Maass eingeführt wünscht. Meine eigenen Messungen für diesen Zweck betreffend, habe ich seit 1819 drei Maasse, das der Höhe, der Breite und Länge zu Grunde gelegt, und in dem Vorwiegen des einen Maasses über die andern die Differenz der Schädel der drei Hauptracen des Menschengeschlechts ausgedrückt gefunden, so dass ich den kaukasischen als orthocephal (brachycephal Retzius), den mongolischen als eurocephal, den äthiopischen als prosocephal (dolichcephal Retzius) bezeichnet habe. Diese drei Durchmesser des Schädels zerfallen selbst wieder in drei besondere Maasse, nämlich in ein vorderes, mittleres und hinteres Höhemaass, in ein vorderes, mittleres und hinteres Breitemaass und vorderes, mittleres und hinteres Längemaass. Diese drei Hauptmaasse sind also dreifach anzulegen, als drei gerade oder Länge-Durchmesser von drei Punkten der Stirne an entsprechende Punkte des Hinterkopfes, als drei quere oder Breitedurchmesser in der Richtung der Mitte der drei Lappen des Grosshirns und als drei Höhedurchmesser, indem man durch drei Oeffnungen am Scheitel in der Mitte der drei Gehirnlappen einen Draht senkrecht bis auf die entsprechende Basis des Schädels einbringt. Bei dieser äussern Craniometrie ist nun eine fernere Unrichtigkeit, welche die gegenwärtig gebräuchliche Messung verschuldet, zu rügen, die nämlich, dass wir bei dem Längemaass des Schädels gewöhnlich von der Nasenwurzel bis zum Hinterhaupthöcker messen, also in einer Richtung oder Linie, welche nicht in die Länge des Gehirns, sondern in die Mitte zwischen dessen Hemisphären, d. i. dahin fällt, wo das Gehirn nicht ist. Um ein reines Längemaass des Gehirns, das ja durch das äussere Kopf-

knochenmaass supplirt werden soll, zu erhalten, müssen wir von dem tuber frontale der einen Seite zu dem tuber occipitale des Hinterkopfs derselben Seite messen. Dieselbe Richtschnur gilt für die Messung der Schädelhöhle selbst oder für die innere Craniometrie. Die genannten drei Messungen gelten selbstredend nur für denjenigen Theil des Schädels, welcher das grosse Gehirn einschliesst. Für den harten Theil desselben, welcher über das Kleinhirn sich wölbt, hat man sodann noch zwei besondere Maasse, ein Höhe- und Breitemaass der untern Wölbungen des Hinterhauptbeines, anzulegen. Hat man aber nun einen geöffneten Schädel vor sich, so müssen die äussern Maasse zugleich durch die gleichlaufenden innern Maasse in der Schädelhöhle selbst ergänzt und controlirt werden, wobei aus obigen Gründen den inneren Maassen natürlich der Vorzug gebührt.

Eine andere Methode der innern Craniometrie ist bekanntlich, die den Umfang der Schädelhöhle durch Anfüllung mit Erbsen, Linsen etc. zu messen. Morton nannte dieses die Bestimmung der Capacität der Schädelhöhlen. Sie besitzt jeden Falls eine entscheidende Stimme, wobei aber der Ausfüllraum für Hirnhäute und ihre Fortsätze, für Gefässe und Nerven von dem Hauptmaass abgezogen werden müssen.

Gehen wir nun zur Encephalometrie selbst über, so können wir das Volumen des Encephalums entweder direct durch Messung bestimmen, oder da Grösse und absolutes Gewicht auch des Gehirns gleichen Schritt halten, die Grösse oder das Volumen desselben durch das Gewicht ermitteln. Beide Methoden möchte ich aber blos physikalische und nicht organische nennen. Dass Grösse des Schädels und Grösse des Gehirns nicht parallel laufen, mit dem Grade der Intelligenz eines Individuums stellt sich wieder durch die sorgfältigen neuesten Untersuchungen von R. Wagner heraus.

Lelut war erstaunt, als er die Hüte sämmtlicher Mitglieder in der Sitzung der Akademie in Paris maass, ihre Weite alle kleiner zu finden, als die der Hüte gewöhnlicher Menschen. Von Lord Byron, bei dessen Sektion man nach blossen Zeitungsnachrichten hin ein so grosses Gewicht des Gehirns

gefunden haben soll, ist es aber im Gegentheil bekannt geworden, dass er bei den Hutmachern in London keinen Hut finden konnte, der für seinen kleinen Kopf eng genug war. Es geht wohl aus diesen Beobachtungen hervor, dass unsern Schätzungen des Kopfes nach Grösse oder Umfang nur ein sehr zu beschränkendes Gewicht beizulegen sei, und dass grosse Schädel häufig eine kleine Intelligenz, kleine, eine grosse beherbergen. Auch Mortons Messungen der Capacität des Schädels verschiedener Racen und Nationen zeugen für diesen Satz. Er gelangt ebenfalls zu demselben widersprechenden Resultat, indem er die Capacität des Schädels beim Deutschen zwischen 92 und 114, beim Amerikaner zwischen 62 und 103 angiebt. Es hat aber diese Messung der Capacität der Schädelhöhle, so wie auch meine obige dreifache Höhenmessung des Schädels, den Vorzug, dass sie die Irrungen, welche die Schlüsse aus dem Stirn- oder Gesichtswinkel auf die Intelligenz bei nach hinten verschobenen Schädeln darbieten, ausgleichen. Diese Art der Messung ist daher bei solchen verschobenen Schädeln der Peruaner und Malayen ein nothwendiges Correctiv der anderweitigen Messungen.

Da Grösse und absolutes Gewicht überhaupt gleich laufen, so hat man das Gewichtsverhältniss des Encephalums als Maassstab der Intelligenz betrachtet. Aber auch diese Abwägungen des Gehirns führten nur zu einem relativen oder selbst negativen Resultat, besonders wenn auf Blutfülle oder Blutleere des Gehirns dabei keine Rücksicht genommen wurde. Endlich darf noch bemerkt werden, dass bei den Tabellen über diese Messungen und Abwägungen des Gehirns eine Rubrik ausgelassen wird, nämlich das Gewicht des Körpers, die gleichzeitige Dicke und Stärke der Nerven nach Messung oder Gewicht nach dem Soemmering'schen Gesetze hinzuzufügen. Würde das Gehirn Kants auch an Grösse und Gewicht von dem eines Königsberger Handwerkers übertroffen, so wäre dieses gewiss nicht der Fall mit dem relativen Gewicht desselben zum Körper und zu den Nerven. Wir werden daher von selbst, um die Capacität des Gehirns für Intelligenz zu bestimmen, darauf hingewiesen, nicht blos die quantitativen Verhält-

nisse Grösse, Masse und Gewicht in Anschlag hierbei zu bringen, sondern vornemlich zugleich die qualitativen Verhältnisse der Gehirnsubstanz, namentlich den Grad der Zartheit des Faserbaues derselben ins Auge zu fassen. Wie wichtig diese Rücksicht sei, geht schon daraus hervor, dass bei den Säugethieren die Gehirnmasse, namentlich die grossen Markstränge derselben, viel consistenter, ja derb und elastisch geworden sind. Bei Petromyzon ist das Rückenmark ein festes elastisches Band, und einer Sehne gleich. Beim Blutegel ist der Ganglienstrang kaum zerreissbar. Ueber diese Zartheit des Faserbaues im Gehirn des Menschen hat die Histologie, insbesondere die mikroskopische uns Aufschlüsse zu bringen. Wenn wir aber annehmen dürfen, dass Vibrationen der Fasern oder der Gehirn-Saiten den geistigen Einflüssen zu Grunde liegen, so wird die Zartheit und daraus folgende Leichtigkeit der Vibrations-Erregung, so wie die Geschwindigkeit der Schwingungen der Nervensaiten das wesentliche Moment hierbei bilden müssen.

Noch muss ich einen physiologischen Umstand berühren. Man setzt gemeiniglich bei einem Gelehrten voraus, dass er ein grosses Gehirn haben müsse. Allein meistens sind diese es nur nach einer Seite hin, ein Naturforscher ist kein Sprachgelehrter und ein Philologe kann selten mehr die Quadratwurzel ausziehen. Es ist also nicht immer das ganze Gehirn, sondern oft selbst bei dem Gelehrten nur der Theil, in welchem das eine oder andere Geistesvermögen seinen Sitz haben mag, voll entwickelt. Wenn auch die Psychologie Galls eine zersplitterte und zusammengewürfelte ist, wie dieses auch Schelling noch rügte, so werden wir doch zu Hauptregionen im Gehirn für die Grundvermögen der Seele, oder für die des Geistes, Gemüthes und Willens, um der Einheit des Geistes eine Einheit seines Organes gegenüberzustellen, unsere Zuflucht nehmen müssen.

Gehen wir nun zur Anwendung der Cephalometrie auf die Ethnologie oder zur Charakterisirung der Menschen-Rassen nach ihrem Kopftypus über, so glaube ich, dass obige drei Dimensionen des Kopfes der Eintheilung des Menschengeschlechtes

in drei Hauptrassen entsprechen und die Cephalometrie damit ein Schema der Charakterisirung derselben gewonnen hat. Es muss aber, wie gesagt, hier Craniometrie mit Opsiometrie verbunden werden.

Ich unterscheide also in Betreff des Pars cranii: Orthocephal, Hochkopf (Leucops, Caucasier), Eurocephal, Breitkopf (Xanthops, Mongole) und Dolichocephal, Langkopf (Aethiops, Neger). Ersteren theile ich wieder in Orthoprocephal (Stirnhöhe), Orthomesocephal (Scheitelhöhe) und Orthopisocephal (Hinterkopfhöhe). Sodann Europrocephal, Stirnbreite, Euromesocephal Schläfenbreite, Europisocephal Hinterkopfbreite. Endlich: Dolichocephal, Dolichoeuroprocephal, Dolichoeuromesocephal und Dolichoeuroopisocephal. In Betreff des pars facialis unterscheide ich gleichweise: orthognath, eurognath und prognath (st. dolichognath). Durch Combinationen dieser Merkmale untereinander erhält man die Charaktere der Unterrassen, Volksstämme und Volkssippen; als: Orthoproecephal-Orthognath, Hellenen, Phrygier; Orthomesocephal, Perser, Zendvölker, Orthopisocephal, Inder (Brahmanen); Europrocephal Germanen, Euromesoepicephal Chinesen, Euromesohypocephal Mongolen, Kalmüken, Europisocephal Malayen, Nordamerikaner und Inkas. Der Negerschädel κατ' ἐξοχήν ist zugleich cranium longum, compressum et depressum oder dolicho-steno-pedinócephal. Es lassen sich sofort unterscheiden Dolichorthoprocephal, Aegypter, Dolicheuroprocephal, Nubier, Abyssinier, Berber, Dolicheuromesocephal, Hottentotte, Kaffer, Buschmann, Dolichocephal-prognath Caraiben, Botocuden, Congo-Neger, Papuas. Diese Unterrassen zerfallen wieder nach dem Typus der pars facialis in verschiedene Stämme: so die Europas, als Eurorthognath, Angelsachsen, Britten, Eurepignath, Gallier, Eurohypognath, Russen, Slaven, Lappen, Grönländer, Eskimos. Noch sind zur ganzen Charakterisirung die Form der Augenhöhle (gross beim Caucasier, breit beim Mongolen, klein beim schläfrig halbgeschlossenen Auge des Negers), der Typus der Nasenbeine (lange des Hellenen, gebogene des Se-

miten, vorwärts eingebogene des Aegypters) und der der Zähne (orthodont, eurodont, prosodont) hinzuzufügen, um eine vollständige Charakterisirung des Typus der einzelnen Völkerstämme und Völkersippen zu erhalten. Da dieses obige Schema der Charaktere des Schädels und des Gesichtes auf anatomisch-physiologischer Basis aufgebaut ist, so dürfte es den Vorzug vor andern nicht systematischen Messungs-Arten des Schädels verdienen. Die Charakterisirung der übrigen untergeordneten Völkersippen kann sodann durch fernere Combinationen der im Schema aufgeführten Attribute erzielt werden. Zugleich ist aber auch hieraus ersichtlich, dass die blosse Cephalometrie zur Charakterisirung der Schädel der Völkerstämme und Völkersippen nicht ausreicht, indem der Sonderbau dieser Schädel nicht blos in einem Unterschied der Maasse und der darauf basirten Capacität für Intelligenz besteht, sondern erst in der speciellen Form und Gestaltung des Schädels und seiner einzelnen Knochen seinen Ausdruck findet. Es handelt sich also in der Ethnologie nicht blos von einer Cephalometrie, sondern zugleich von einer Cephalognomonik oder Physiognomonik der Schädel der Völker.

Dieser Sonderbau des Schädels bei den Sippen und Untersippen der Volksstämme hat seinen Grund in dem allgemeinen zoologischen oder überhaupt organischen Gesetz der Variabilität der Charaktere der organischen Wesen, nach ihren Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten bis zu den Varietäten herab, abnehmend zwar an Wesenheit, aber zunehmend an Mannigfaltigkeit unwesentlicher Attribute, ein Gesetz, welches bereits Kant (Anthropologie Seite 311) ausgesprochen hat, und welches die Möglichkeit enthält, durch künstliche Züchtung scheinbar (nicht wirklich, wie Darwin's Lehre behauptet) verschiedene Arten oder Abarten hervorzubringen. (S. auch Mayer in Virchow's Archiv 1860 Seite 235).

Untersuchungen über den Stiel der Vorticellen.

Von

Elias Mecznikow aus Charkow.

Die Frage über den anatomischen und chemischen Bau der niedersten Organismen gewinnt in gegenwärtiger Zeit, da die Zellentheorie zu einer so hohen Stufe sich entwickelt hat, ein besonderes Interesse. Um diese Frage einigermaassen zu erhellen, unternahm ich unter Leitung des verbindlichen Herrn Professor Sczelkow eine Reihe von Untersuchungen über das Verhalten einiger Infusorien zu verschiedenen physikalischen und chemischen Reagentien. Da aber diese Untersuchungen nicht sobald zu Ende geführt werden können, so will ich hier über den von mir am meisten bearbeiteten Theil, nämlich über den Stiel der Vorticellen, Einiges mittheilen.

Ueber die Natur dieses Organes waren seit langer Zeit zwei Ansichten vorherrschend. Nach der Einen, von Ehrenberg zuerst ausgesprochen[1]), ist der Streif im Stiele der Vorticellen ein Muskel. Einer anderen Ansicht zufolge, von Dujardin[2]), wird die Muskelnatur des Stieles verneint. Beide Ansichten fanden ihre Anhänger. Zu Gunsten der ersten Meinung erklärten sich Eckhard, Czermak, Leydig, Claparède, Lachmann und Kühne. Eckhard[3]) bestätigt Ehrenberg's Ansicht und nimmt noch einen besonderen Zusammenhang an zwischen den Verkürzungen und Streckungen

1) Die Infusionsthierchen als vollkommene Orgamismen. 1838. S. 274, 279.

2) Histoire naturelle des Infusoires. 1841. S. 49, 50 und 547.

3) Archiv für Naturgeschichte. 1846. I. S. 217, 218.

des Stieles und den Bewegungen des Flimmerapparates, welcher zurückgezogen wird beim Verkürzen und sich hervorschiebt beim Strecken des Stieles. Czermak[1]) zeigte, dass der Streif selbst eine spiralgewundene Form hat und die Bewegungen des Stieles verursacht. Leydig[2]) beschreibt sogar Querlinien an den Stielstreifen der Vorticellen, was diesem Forscher als starker Beweis gegen die Theorie der einzelligen Organismen dient. Claparède und Lachmann[3]) stimmen vollkommen mit Czermak überein und geben ausserdem an, dass der Streif der Vorticellen, beim Eintritt in den Körper, sich im hinteren Theile desselben verliert.

Als Gegner dieser Ansicht sind Dujardin, Ecker und Stein zu nennen. Ersterer meint, dass die Bewegungen des Stieles nicht von dem innerhalb desselben eingeschlossenen Streifen herrühren, sondern von der äusseren Membran desselben, was aber von Eckhard vollkommen und mit Recht zurückgewiesen wurde. Ecker[4]) drückt sich folgendermaassen über die Natur des Stieles aus: „Die contractile Körpersubstanz erstreckt sich in den Stiel, nimmt daher dessen Form an, ist aber dieser bandartigen Form wegen noch kein Muskel.“ Gründlicher als alle Gegner der Ehrenberg'schen Ansicht erklärt sich Stein.[5]) Dieser Forscher läugnet das Vorkommen von Querlinien am Stielstreifen, welche zuerst von Gleichen, dann von Ehrenberg beschrieben wurden. Ausserdem unterwarf noch Stein die Vorticellen der Wirkung verschiedener Substanzen und fand, dass der Stielstreif zu diesen Substanzen sich ebenso verhält, wie das innere Parenchym des Körpers selbst; daraus schliesst er, dass der Stiel der Vorticellen mit dem Muskelgewebe nicht identisch ist.

So war es mit dieser Frage bestellt, als Kühne's Untersuchungen erschienen.[6]) Diese Untersuchungen brachten Verf.

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. IV. S. 438.

2) Lehrbuch der Histologie. 1857. S. 133.

3) Etudes sur les Infusoires et les Rhizopodes. I. 1858. S. 87—91.

4) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. I. Anmerk. z. S. 236.

5) Die Infusionsthiere. 1854. S. 78—80. u. Der Organismus der Infusionsthiere. 1859. S. .54

6) Myologische Untersuchungen. 1860. S. 213—222.

zu demselben Schlusse, zu welchem Ehrenberg und seine Anhänger durch ihre Untersuchungen geführt wurden. Kühne verglich die Wirkung verschiedener physikalischer und chemischer Reagentien auf den Muskel des Frosches und den Stiel der Vorticellen und fand, dass das Verhalten dieser beiden Organe zu denselben Reagentien im Wesentlichen dasselbe ist.

Wir stellten einige Untersuchungen nach Kühne's Methode an, die wir hier mittheilen wollen, da wir auf diesem Wege zu Resultaten gelangt sind, welche von jenen Kühne's bedeutend abweichen.

1. Electricität. Die von uns beobachteten Erscheinungen waren folgende: schwacher Inductionsstrom ist ohne jede Wirkung auf Vorticellen[1]); wird aber derselbe allmählig verstärkt (durch Verschieben der secundären Rolle des Schlittenapparates und dann durch Einlegen von Eisendrähten), so gelangt man bald zu einer Stärke, wo, beim Durchgang des Stromes durch das Präparat, alle Vorticellen augenblicklich ihren Stiel zusammenrollen; diese Stellung behalten sie aber auch bei fortdauernder Stromeseinwirkung nicht lange — bald streckt sich das Thierchen und beginnt seine Bewegungen von Neuem; man kann nun den Strom ziemlich bedeutend verstärken, ohne dass diese Erscheinungen andere werden. Wird aber ein sehr starker Strom angewendet, so rollen sich zwar die Vorticellen zusammen, aber sie sterben auch fast augenblicklich, was daraus ersichtlich ist, dass bei Unterbrechung des Stromes die Thierchen ganz ruhig daliegen; wirkt ein solcher Strom durch längere Zeit, so tritt ein Zerplatzen der Vorticellen, wie es von Kühne ganz richtig beschrieben ist, ein. Wir müssen noch bemerken, dass während der Stromeseinwirkung der vordere Flimmerapparat immer zurückgezogen bleibt, wie es auch von Kühne angegeben ist.

2. Rhodankalium, welches bekanntlich im Muskel heftige Contractionen und rasches Erstarren hervorruft, wirkt nach

1) Alle unsere Untersuchungen sind an *Vorticella convallaria* Ehbg. und an *Vort. microstoma* angestellt.

dem, was wir gesehen haben, auf die Bewegung des Stieles von Vorticellen, selbst in ziemlich concentrirten Lösungen (0,3 Grm. auf 5 CC. Wasser), durchaus nicht; ebenso unwirksam sind auch schwächere Lösungen (0,3 Grm. Rhodankalium auf 10, 15, 20 CC. Wasser). Interessant ist es gewiss, wie lange die Vorticellen in diesen Lösungen fortleben können, da ja alle anderen von uns beobachteten Infusorien, selbst die niedrigsten (Monas) in denselben sehr rasch sterben; die Vorticellen aber fahren auch dann noch fort, sich zu bewegen, wenn ihr Körper durch die Wirkung der Lösung ganz unförmlich, eckig geworden ist. Diese Beobachtung, von uns mehrmals wiederholt und stets bestätigt gefunden, steht in grellem Widerspruche zu Kühne's Behauptung, nach welcher der Stiel von Vorticellen in einer Rhodankaliumlösung sich zusammenziehen und erstarren solle.

3. Veratrin. Es wird gewöhnlich behauptet, dass Veratrin weder in kaltem, noch in heissem Wasser löslich ist; es ist aber diese Behauptung nicht richtig: wir kochten fünfmal eine und dieselbe Menge Veratrin in destillirtem Wasser, und das Filtrat nahm jedesmal, nach Zusatz von concentrirter Schwefelsäure, eine karminrothe Färbung an.

Bekanntlich ist Veratrin ein sehr energisches Muskelgift; es bringt im Muskel sehr rasch Contractionen und Starre hervor. Ein Frosch, dem ein filtrirtes, sehr bitteres Decoct von Veratrin injicirt war, ging nach Verlauf von sehr weniger Zeit zu Grunde. Nichts dem Aehnliches geschieht, wenn man dieselbe Lösung auf Infusorien einwirken lässt. Durch zahlreiche Versuche gelangten wir zur Ueberzeugung, dass dieses Gift auf das Leben der Infusorien durchaus keinen Einfluss hat. Der Stiel der Vorticellen bewegt sich in einer Veratrinlösung ebenso rasch wie sonst, und das ganze Verhalten des Thierchens zeigt nichts Abnormes an. Kühne beschreibt[1]) die Wirkung dieses Giftes ganz anders; er behauptet, dass Vorticellen durch dieses Gift zu Grunde gehen, dass der Stiel sich

1) Loc. cit. S. 218.

zusammenrollt und erstarrt, was wir aber durchaus nicht bestätigen können.

4. Salzsäure. Nach Kühne[1]) ruft 100fach verdünnte Salzsäure rasch Contractionen und Erstarrungszustand im Stiele hervor, worauf ihre Auflösung beginnt. Diese Behauptung können wir ebenso wenig bestätigen, wie die vorhergehenden. Wir haben bei unseren Untersuchungen eine ebenso starke Lösung wie Kühne angewendet und fanden dabei Folgendes: anfangs bewegt sich der Stiel ziemlich rasch; dann werden aber die Bewegungen immer langsamer und verschwinden zuletzt ganz. Die Erscheinungen blieben dieselben, wenn wir auch viel stärkere Lösungen in Anwendung brachten (3 Tropfen in 5 bis 10 Cc. Wasser).

5. Chlornatrium. Stark concentrirte Lösungen dieses Salzes tödten augenblicklich alle Infusorien; schwächere Lösungen wirken weniger energisch: die Infusorien sterben dann viel langsamer ab. Wendeten wir bei unseren Versuchen eine halbprocentige Kochsalzlösung an, so brachte sie nicht die geringste Wirkung auf den Stiel hervor.

6. Chromsäure. Nach Kühne[2]) ruft Chromsäure im Muskel Contraction hervor; auf den Stiel der Vorticellen wirkt eine zweiprocentige Lösung auf die Weise, dass derselbe sich rasch zusammenrollt und sich nicht mehr strecken kann, wobei der Körper der Vorticelle zu leben fortfährt. Dieses Zusammenrollen kann aber nicht von der Eigenschaft dieser Säure, Eiweiss zu koaguliren, herrühren, da andere Substanzen, welche dieselbe Eigenschaft besitzen (Alkohol, essigsaures Bleioxyd) diese Erscheinung nicht hervorrufen.

7. Galle. Ein rasches Einwirken der Galle tödtet und löst alle Infusorien; ein langsameres Einwirken dieser Flüssigkeit lässt sie langsamer sterben. Auf den Stiel der Vorticellen hat aber Galle keine erregende Wirkung, während sie doch den Froschmuskel sich contrahiren und schrumpfen lässt.[3])

1) Loc cit. S. 217.
2) Archiv für Anatomie etc. 1860. S. 318.
3) Kühne: Myol. Unters. S. 24.

Verdünnte Galle wirkt gar nicht auf die Bewegungen des Stieles: in einer Lösung, welche $^1/_2$% der früher von Schleim befreiten und eingetrockneten Hundegalle enthält, bewegt sich der Stiel ganz normal.

8. Schwefelsaures Kupferoxyd. Jede Lösung dieses Salzes ruft im Muskel die stärksten Contractionen hervor[1]); auf den Stiel der Vorticellen aber bleiben sogar die concentrirtesten Lösungen ohne Wirkung. Der Stiel vollbringt sogar noch dann seine Bewegungen, wenn der Körper der Vorticelle gänzlich zusammengezogen und gerunzelt erscheint.

9. Aetzkali. Ein rasches Einwirken einer einprocentigen Kalilösung tödtet alle Infusorien augenblicklich; wirkt diese Lösung langsamer, so erfolgt auch der Tod weniger schnell. Auf den Stiel der Vorticellen hat diese Lösung durchaus keinen Einfluss, während sie doch im Muskel Contractionen hervorruft.[2])

10. Was die Wirkung von Curare betrifft, so können wir die Behauptung Kühne's vollkommen bestätigen, insofern dieses Gift auf den Stiel von Vorticellen ohne jeden Einfluss ist, wie wir uns durch lange fortgesetzte Beobachtungen vollkommen überzeugt haben; diese Thatsache erscheint uns um so interessanter, als das Gift nicht ohne Wirkung auf den Thierleib bleibt, wie aus dem Umstande ersichtlich ist, dass der vordere Flimmerapparat unter Curare-Einwirkung immer zurückgezogen bleibt.

Uebersieht man die Wirkung der von uns untersuchten Reagentien, so wird man wohl zugeben müssen, dass man wenigstens kein Recht hat, den Stiel der Vorticellen ohne Weiteres mit einem Muskel zu identificiren, wie es von Manchen geschehen ist; und diese Ansicht wird noch mehr dadurch verstärkt, dass der Stiel keine doppelt brechende Eigenschaft besitzt, wie wir uns durch Beobachtungen der Vorticellen im polarisirten Lichte überzeugt haben. Gelegentlich sei es noch bemerkt, dass wir ebenso wenig wie Kühne die

1) Kühne im Archiv für Anatomie etc. 1860. S. 339.
2) Myol. Unt. S. 11.

Behauptung Leydig's über die Querstreifung des Stieles bestätigen konnten; betrachtet man denselben bei 1000maliger Vergrösserung (Oc. Nr. 4 und System Nr. 9, à immersion, von Hartnack), so kann man sich von der homogenen Natur und von der Nichtexistenz der Querstreifung vollkommen überzeugen.

Der Parasit in der neuen Krankheit der Seiden-Raupe noch einmal.

Von

Fr. Leydig in Tübingen.

Vor Jahren stiess ich[1]) gelegentlich der anatomischen Untersuchung von *Coccus* auf kleine eigenthümliche parasitische Körperchen, welche in grösster Menge sich in der Leibeshöhle fanden. Es waren spindelförmige, scharf gezeichnete Gebilde von 0,004‴ Länge, immer frei, nicht in Zellen eingeschlossen; sie veränderten sich weder in Essigsäure, noch in Natronlösung. Auch ihre Vermehrungsweise liess sich beobachten, worüber man a. a. O. die Angabe vielleicht nachsehen mag. Die Körperchen erinnerten nach ihrem ganzen Habitus an Pseudonavicellen.

Einige Zeit darauf kamen mir[2]) entsprechende, aber um die Hälfte kleinere Parasiten wieder unter die Augen, als ich die Muskeln der Arachniden histologisch prüfte. In den Mus-

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Zool. V. Bd. 1853. S. 11. Fig. 5 auf Taf. I.

2) Dieses Archiv 1855. S. 397.

keln verschiedener Spinnen besonders zur Herbstzeit, und am meisten bei *Epeira diadema* sah man sowohl in den Muskeln des Stammes als auch des Herzens Haufen eigenthümlicher ovaler Köfperchen, die im Innern der Primitivbündel lagen, hell und scharf conturirt, 0,002‴ lang waren und bei Zusatz von Kalilauge nicht schwanden. Wo sie dicht beisammenlagen, verursachten sie bei auffallendem Licht weisse Streifen im Muskelbündel.

Es sind diese Mittheilungen unbemerkt geblieben, weshalb die Körperchen zum zweitenmal von Frey und Lebert[1]) in der Raupe, Puppe und Schmetterling des Seidenspinners entdeckt wurden. Der von mir namenlos gelassene Parasit erhält jetzt die Bezeichnung *Parkistophyton ovatum*, weil er in allen Geweben und Körpertheilen der kranken Seidenraupe sich vorfand.

Dass der Parasit der Seidenraupe wirklich der von mir gemeinte ist, davon habe ich mich, was ich schon anderswo hervorhob, durch Untersuchung kranker Seidenraupen selbst überzeugt.

Während meiner Beschäftigung mit den Daphniden hatte ich wiederholt Gelegenheit, den Parasiten zu beobachten; ich traf ihn bei zahlreichen Exemplaren von *Daphnia sima*, *Lynceus sphaericus* und *Polyphemus oculus.*[2]) Ausserdem fand ich im Innern der lebenden *Daphnia rectirostris* eine neue specifische Form unseres Parasiten.[3])

Unterdessen waren die parasitischen ovalen Körperchen noch aus einer anderen Thiergruppe bekannt geworden, indem Hermann Munk dieselben bei einem Rundwurm (*Ascaris mystax*)

---

1) Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Heft IV. 1856. Lebert, über die gegenwärtig herrschende Krankheit des Insects der Seide etc. Berlin 1858.

2) Ich gab davon eine vorläufige Anzeige in Virchow's Archiv für pathol. Anat. 1857; Näheres in meiner Naturgeschichte der Daphniden 1860. S. 75. S. 160. S. 226. S. 244.

3) A. a. O. S. 75. Taf. X. Fig. 78.

nachwies, wo sie unter Umständen die Geschlechtskanäle in ungeheurer Menge erfüllten.[1])

Im Sommer 1861 beobachtete ich abermals, dass sehr viele Individuen von *Daphnia longispina* aus einem Fischteiche bei Tübingen mit dem Parasiten behaftet waren. Da sich mit dem feinen Netz gleich Hunderte des Thieres schöpfen liessen, so konnte man sehen, dass unter zwölf Individuen fast immer eines angesteckt war. Die ovalen Körperchen waren dann in solcher Masse zugegen, dass sie fast alle Bluträume erfüllten und theilweise auch durch den Blutstrom in kreisender Bewegung erhalten wurden. Solche Thiere konnte man mit freiem Auge auf den ersten Blick durch ihre Farbe von den gesunden unterscheiden, auch waren ihre Bewegungen matt und unverkennbar litten die Thiere durch die Ueberzahl der Parasiten.

Während der letzteren Zeit habe ich von neuem anhaltend Insecten zergliedert, wobei ich den parasitischen Körperchen noch da und dort begegnete, so dass ich an *Coccus* jetzt einige weitere Gattungen anreihen kann. Ich fand gedachte Gebilde bei *Tipula pratensis* im Fettkörper, ferner bei *Zygaena filipendulae* an gleichem Orte, aber ausserdem noch im Bauchmark, in peripherischen Nerven, z. B. in den Antennennerven, in den Muskeln. Bei genanntem Schmetterling waren sie in überraschender Menge zugegen, doch allerdings immer noch weit entfernt von dem Grade, den ich bei kranken Seidenraupen sah. Auch bei einer Arbeitsbiene erschienen sie aus den Bluträumen des Kopfes in grosser Anzahl. Hier aber bot sich weiter das Bemerkenswerthe dar, dass ausser den so kleinen ovalen Körperchen, zugleich mit diesen, noch andere parasitische Gebilde, offenbar in gleiche Kategorie mit jenen gehörend, zum Vorschein kamen. Es waren etwa achtmal grössere, an beiden Enden zugespitzte Körper, also spindelförmig von Gestalt, entweder gestreckt oder halbmondförmig gebogen; in

1) Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. IX. 1858, S. 405. Taf. XV. Fig. 27. Bischoff hatte in diesen Gebilden die wahren Samenkörperchen der Nematoden vermuthet.

diesem Falle konnten sie dem Umriss nach an ein kleines, farbloses *Closterium lunula* erinnern. In ihrem Inneren unterschied man gegen vier in regelmässigen Entfernungen stehende Querlinien (Querscheidewände).

Wenn wir die Parasiten, wie sie im Vorhergehenden zusammengestellt wurden, mit einander vergleichen, so ergiebt sich, dass sie zwar im Wesentlichen mit einander übereinstimmen, aber andererseits doch auch unverkennbare Verschiedenheiten an sich tragen. Mit anderen Worten, sie gehören wohl alle in Eine Sippe, aber keineswegs alle zu Einer Species.

Zunächst ist es die Gestalt, welche Unterschiede begründet. Die meisten sind rein ovale Körperchen, entweder mit etwas abgestutzten oder mit mehr zugespitzten Enden; hingegen die von mir bei *Daphnia rectirostris* aufgefundenen stellen länger gekrümmte Cylinder dar, „Würstchen, sich so krümmend, dass die beiden Enden aneinanderstossen." Von der Fläche gesehen, gewähren sie daher auch das Bild einer excentrisch durchbohrten Scheibe. Eine Ausnahme von der gewöhnlichen Form machen auch die zuletzt erwähnten, gerne halbmondförmig gekrümmten Körper aus der Honigbiene.

Dann ist zweitens auch das Lichtbrechungsvermögen nicht bei allen das gleiche. Die parasitischen Körperchen, welche ich aus Spinnen, Daphniden, kranken Seidenraupen, sowie aus *Zygaena* vor mir hatte, brachen das Licht sehr stark, sind daher glänzend, und ihr scharfer Umriss war dem entsprechend auch sehr dunkelrandig. Gerade so verhalten sich auch nach den Angaben Munk's die Körperchen bei den Nematoden. Etwas weniger glänzend und dunkelrandig erscheinen mir die beiderlei Formen aus der Honigbiene und aus der Wiesenschnacke.

Ueber weitere Structurverhältnisse der anscheinend ganz homogenen Körperchen liess sich bisher nur so viel ermitteln, dass ich[1]) an denen der kranken Seidenraupe mit Hülfe sehr starker Vergrösserung bei vielen eine mittlere zarte Längslinie zu erblicken glaube. Nach Jod schied sich der Inhalt von

1) Daphniden. S. 26, Anmerkung.

der Hülle. An den weniger glänzenden Körperchen einiger der vorhin bezeichneten Thiere meine ich einen kernartigen Fleck nahe dem einen Pole zu erblicken, während ich an denen von Daphniden z. B. nichts von einem kernartigen Fleck ansichtig wurde. Munk sah bei denen der Nematoden einen Flecken in der Mitte, ohne ihn aber, da er keine bestimmten Conturen darbot, als Kern ansprechen zu wollen. Dass man an den grossen Parasiten der *Daphnia rectirostris* bei scharfem Zusehen in beiden Seitenhälften einen blassen Nucleus erblickt, habe ich schon früher (a. a. O.) mitgetheilt.

Werden die Körperchen mit Essigsäure oder Kalilauge behandelt, so ist ihr Verhalten gegen genannte Reagentien beachtenswerth; sie bleiben in beiden unverändert, zeigen somit eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen diese Flüssigkeiten.

Die Körperchen sind mit Ausnahme der halbmondförmig gekrümmten aus der Honigbiene und jener aus *Daphnia rectirostris*, wo sie in zusammengekrümmtem Zustande etwa die Grösse eines farblosen menschlichen Blutkörperchens haben, sehr klein, im Allgemeinen kaum über $^1/_{350}$‴, und zeigen daher eine oscillirende oder Molecularbewegung. Ich habe keine andere Bewegung an ihnen wahrgenommen, auch Frey und Lebert sprechen nur von dieser Molecularbewegung, während Munk erklärt, beobachtet zu haben, dass den Körperchen im unversehrten Zustande auch eine von der Molecularbewegung verschiedene Bewegung eigen ist.

Was den Ort ihres Vorkommens im Organismus betrifft, so sind es zunächst die Bluträume, dann aber auch die verschiedensten Gewebe und Organe, in denen man sie findet, Aber trotz ihrer Kleinheit vermag man sie doch von den anderen Gewebstheilen bestimmt zu unterscheiden. Bei *Daphnia sima* erzeugten sie weisslich gelappte Massen über dem Darm, bei *Polyphemus* eben solche Partien in der Nähe des Ovariums. Es liesse sich denken, dass sie, da man doch keine Urzeugung annehmen will, durch die äusseren Körperzugänge, vielleicht namentlich durch die Genitalöffnungen in's Innere

treten und dann von da aus unter starker Vermehrung den übrigen Organismus durchwuchern.

Gerade im Hinblick auf die neue Krankheit, welche in den letzten Jahren unter den Seidenraupen so grosse Verheerungen angerichtet hat, schien es mir von Interesse, zeigen zu können, dass der Parasit, der in inniger Beziehung zur Krankheit steht, ein bei Insecten, Spinnen, Krebsen und selbst anderen Wirbellosen weit verbreiteter ist. Derselbe macht nicht nur die unter der Pflege des Menschen stehenden Seidenraupen erkranken, sondern auch andere im Naturzustande lebende Thiere, wobei man sich vielleicht nicht allzusehr darüber verwundern darf, dass die Seidenraupe, insofern sie gewissermaassen Hausthier ist, mehr betroffen wird, als die freie Thierwelt.

Zum Schlusse wäre noch einer nicht unwichtigen Frage zu gedenken, der nämlich, wohin unser Parasit zu stellen sei, ob er zum Pflanzen- oder Thierreich gehöre. Auf mich machte derselbe, wie meine verschiedenen Mittheilungen zeigen, von Anfang an den Eindruck, als ob er ein psorospermähnliches Gebilde sei, und ich habe ihn daher immer mit diesen und den Pseudonavicellen verglichen. Der Botaniker Nägeli, von den Beobachtern in Zürich zu Rathe gezogen, erklärt den Parasiten für eine einzellige Alge, die unter die von ihm gegründete Gruppe der Schizomyceten zu stellen sei. Bei Munk findet sich die Bemerkung, dass „von befreundeter Seite" gerade die Frage, ob die ovalen Körperchen den Psorospermien und Pseudonavicellen zu vergleichen, oder ob sie Algen seien, in Aussicht stehe. Es ist mir bis jetzt indessen noch keine hierauf bezügliche Mittheilung bekannt geworden.[1])

Mir scheint jetzt, dass die Ansicht von Nägeli und meine Auffassung sich werden vereinigen lassen. Die Psorospermien und Pseudonavicellen haben bisher für thierische Organismen gegolten, ich habe aber in neuester Zeit eine Beobachtung gemacht, die mir Grund zur Annahme giebt, dass die genannten

1) Erst während der Correctur werde ich auf Keferstein's Arbeit: üb. paras. Pilze aus Ascaris mystax, Zeitschr. f. w. Zool. 1862. S. 135, aufmerksam.

Körper ebenfalls den niedersten Pflanzen beizuordnen seien. Und wenn man fragen würde, wohin alsdann die Gregarinen, die doch in unläugbarer Verkettung zu den Psorospermien und Pseudonavicellen stehen, gerechnet werden sollen, so würde ich darauf erwidern, dass ich dieselben jetzt nicht mehr für thierische, sondern für pflanzenartige Gebilde halte. Doch davon ein anderes Mal.

Einiges über den Fettkörper der Arthropoden.

Von

Fr. Leydig.

Die Aufmerksamkeit Desjenigen, der zum erstenmal etwa eine Raupe unter Wasser öffnet, wird sofort von dem sogenannten Fettkörper in Anspruch genommen. Man sieht, wie eine weisslichе oder gelbliche Masse in schön gefalteten Blättern und Lappen, durchzogen von vielen Tracheen, die Leibeshöhle ausfüllt und namentlich den Verdauungskanal umgiebt. Durchsucht man zahlreichere Arthropoden, so findet sich, dass der Fettkörper bezüglich seiner äusseren Form in den verschiedenen Gattungen und nach den Lebenszuständen sehr abändert, hier hautförmig ist, dort netzförmig durchbrochen, in anderen Fällen ein mehr flockiges Aussehen hat. Von sehr zierlicher Netzform sah ich ihn, was ich schon anderwärts vorbrachte, bei *Tipula oleracea*. Gar eigen nimmt sich auch der Fettkörper, wie ich jüngst sah, bei *Sphinx convolvuli* und wahrscheinlich auch bei anderen Abend-Faltern aus, indem er dort schön gefiederte Massen bildet. Der Anblick ist so ungewöhnlich, dass ich zuerst die Erscheinung auf gefiederte Malpighische Gefässe beziehen zu müssen glaubte. Weiteres Zusehen belehrte aber, dass die Malpighischen Gefässe einfache Kanäle sind, die gefiederten Massen vielmehr so entstehen, dass der

der Fettkörper in kleine ovale Beutelchen aufgelöst ist und die Beutelchen durch einen dünnen Stiel reihenweise grösseren Tracheen ansitzen. Der Stiel des Beutelchens ist immer ein Tracheenzweig, der das Fettkörperläppchen versorgt.

Als was der Fettkörper der Arthropoden histologisch aufzufassen sei, darüber habe ich[1]) schon an mehren anderen Orten gehandelt und verweise darauf. Der Grund, warum ich den Fettkörper hier von neuem zur Sprache bringe, liegt in der unterdessen gewonnenen Ansicht, dass dieses Organ eine grössere Rolle im vegetativen Leben der Arthropoden spielt, als blos zur Aufnahme überschüssigen Nahrungsstoffes zu dienen. In wiefern ich zu dieser Meinung eine Berechtigung habe, soll das Folgende zeigen.

1. Im Fettkörper der Arthropoden kommen harnsaure Ablagerungen weitverbreitet vor.

In meiner vorhin angezogenen Abhandlung: „Zum feineren Bau der Arthropoden" habe ich gelegentlich der histologischen Beschreibung des Fettkörpers zuerst das Dasein eines vom Fett verschiedenen Stoffes in diesem Organ entdeckt und mit folgenden Worten angezeigt: „Als etwas Eigenthümliches muss ich erwähnen, dass sowohl bei *Locusta viridissima* als auch bei *Decticus verrucivorus* ausser dem gelben Fett noch eine andere Substanz im Innern des Balkenwerks vorkommt, die unter der Form von verästelten, schwarzen (weissen bei auffallendem Licht) Flecken bemerkbar ist, und aus kleinen Körnchen zusammengesetzt wird, welche in Essigsäure aushalten und in Kalilauge schwinden."

Einige Zeit darauf konnte ich[2]) diesen Thieren *Menopon pallidum* anreihen, bei welchem gleichfalls in dem Fettkörper ausser den Fettkügelchen eine dunkele, Körnchenhaufen bildende Materie vorkommt, welche in Kalilauge sich löst, indessen die Fettkügelchen unverändert bleiben, höchstens etwas

1) Zum feineren Bau der Arthropoden, dieses Archiv 1855. S. 463. Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere 1857. S. 341. S. 346. Naturgeschichte der Daphniden 1860. S. 51.

2) Lehrbuch der Histologie S. 342.

erblassen. Zu gleicher Zeit entdeckte ich[1]) bei der Untersuchung unserer Leuchtkäfer (*Lampyris splendidula*), dass in jenem Theil des Fettkörpers, welcher als Leuchtorgan fungirt, die Zellen ausser den Fettkügelchen noch andere Kugeln und Körnchen, die viel dunkler als die Fettkügelchen sind, enthielten. Wofür ich die Kugeln und Körnchen schon damals zu halten geneigt war, geht daraus hervor, dass ich mit gesperrter Schrift hervorhob, dass die grösseren dieser Kugeln von einem Habitus seien, der lebhaft an die Concremente in den Nierenzellen der Schnecken erinnere, und gab überdies noch an, dass sie die gleiche strahlige Zeichnung aufweisen, auch wie jene in besonderen Hohlräumen der Zellen, gewissermaassen in Secretbläschen, stecken. Dieselben bestehen aber bekanntlich aus harnsauren Verbindungen. Da indessen dazumal die chemische Untersuchung unterblieb und von Anderen behauptet worden war, dass das Leuchten von Phosphor herrühre, welches unter die Fettsubstanz gemischt sei, so spielte auch die Vorstellung dazwischen, ob man nicht die Concremente für Phosphor halten könne. Doch konnte ich nicht umhin, eine andere von mir gemachte Beobachtung, die einer solchen Auffassung entschieden ungünstig war, wenigstens anmerkungsweise gleich beizufügen.[2]) Bei unserer *Scolopendra electrica*, die nach mehrfachem Zeugniss ebenfalls leuchtet, fand ich nämlich keine solche Concremente im Fettkörper, wohl aber waren wieder bei einem anderen Myriapoden, dem *Julus terrestris*, bei dem noch Niemand auch nur Spuren des Leuchtens bemerkt hätte, die Concremente in grösster Menge im Fettkörper zugegen.

Nach mir hat Kölliker die Leuchtorgane von *Lampyris* untersucht und durch die meinerseits unterlassene chemische Prüfung festgestellt, dass die Concremente in der That harnsaures Ammoniak sind.[3])

1) A. a. O. S. 343 fg. 183.

2) A. a. O. S. 344. Anmerkung.

3) Ueber die Leuchtorgane der Lampyriden in d. Monatsbericht. der Akademie d. Wissensch. zu Berlin 1857. (Mir nur bekannt aus Gerstäckers entomol. Jahresber. für 1857.)

Ob die Concremente sich am Leuchtprocess zu betheiligen vermögen, sei hier ganz dahingestellt. Es hat diese Frage mit dem uns jetzt interessirenden Gegenstande nichts zu schaffen. Der Zweck vorliegender Zeilen ist einzig nur der, auf die merkwürdige Thatsache hinzuweisen, dass harnsaure Ablagerungen in noch viel grösserer Verbreitung im Fettkörper der Arthropoden anzutreffen sind.

Ich habe nach einer früheren Mittheilung[1]) bei Krätzmilben Harnconcremente in ganz besonderer Menge gefunden, als Ansammlungen einer Substanz, welche sich fleckig über den Hinterleib ausbreitet, intensiv weiss bei auffallendem Licht, tief dunkel bei durchgehendem ist. Ihre Elemente waren entweder ein feines Pulver oder grössere Körner, aber durchaus wohl unterscheidbar von Fettkügelchen. In welcher morphologischen Beziehung diese oft sehr reichlichen Anhäufungen der Harnconcremente zum Tractus stehen, war mit Sicherheit zu bestimmen nicht möglich. Nach der Analogie mit Käfermilben, deren Verhältnisse a a. O. näher berührt sind, konnte als wahrscheinlich gelten, dass die Harnanhäufungen in buchtigen Blindsäcken abgelagert waren, welche in den Darm münden. In diesem Falle würden dann natürlich die Krätzmilben hier an dieser Stelle nicht aufzuführen sein. Zugleich aber machte ich schon damals aufmerksam, ob nicht die Concremente bei den Krätzmilben wie bei den oben namhaft gemachten Insecten und Myriapoden im Fettkörper, also nicht in einem Nierenorgan abgelagert sein könnten. Dieser von mir ungelöste Punkt ist durch Gudden[2]) erledigt worden. In einer sehr sorgfältigen Anatomie über die gedachten Thiere erklärt derselbe, dass er diese Concremente bei Käse- und Krätzmilben oft gesehen, bei jungen und alten Milben, bei Männchen und Weibchen. In einzelnen Thieren sehe man sie massenhaft angehäuft, in anderen seien sie in geringer Menge, wieder in anderen gar

1) Ueber Haarsack- und Krätzmilben, Archiv f. Naturgeschichte 1859. S. 351.

2) Beitrag zur Lehre von der Scabies. Würzburger medicinische Zeitschrift II. Bd. (1860.)

nicht vorhanden. Aber davon habe er sich überzeugt, dass sie sowohl bei der Käse- als auch der Krätzmilbe im Fettkörper und nicht in eigenen mit dem Darm in Verbindung stehenden Schläuchen abgelagert sind.

Es sei jetzt der so wichtigen und interessanten Arbeit Fabre's[1]) gedacht, die dem Jahre nach, in dem sie erschienen ist, gleich auf meine Notizen über die Heuschrecken hätte folgen müssen. Nach genanntem Entomologen machen sich unter der durchscheinenden Haut der *Sphex*-Larve zahlreiche weisse Pünktchen bemerklich, welche sich bei der anatomischen Untersuchung als Theile des Fettkörpers zu erkennen geben und von den übrigen Partien des Fettkörpers sich dadurch unterscheiden, dass sie anstatt der zahlreichen eigentlichen Fettbläschen einen Inhalt besitzen, der sich bei der Behandlung mit Salpetersäure und Ammoniak durch Bildung von Murexid als Harnsäure darstellt. In gleicher Art liess sich an den Nymphen anderer Insectenordnungen, nämlich von *Tachina larvarum*, *Sitaris humeralis*, *Bombyx bucephala*, *Ephippiger vitium* Harnsäure im Fettkörper nachweisen.

Indem ich nun zu meinen neueren Beobachtungen übergehe, sei zunächst der Myriapoden gedacht. Dass ich bei *Julus terrestris* die Concremente angetroffen, wurde schon erwähnt. Dann sah ich sie zweitens bei *Polydesmus complanatus*, wo sie von derselben rundlichen, concentrisch geschichteten Form waren. Ferner traf ich sie bei der Gattung *Glomeris* an (*Gl. pustulata*, *Gl. zonata*). Hier waren sie wieder so gross, wie in den Nieren der Schnecken und in manchen Partien des Fettkörpers in erstaunlicher Menge angehäuft, so z. B. im Fettkörper des ersten, auf den Kopf folgenden Leibesringes, dort, wo derselbe nach innen und vorne einen wulstförmig verdickten Rand bildet.

In der Klasse der Insecten sind mir gelegentlich anderer Untersuchungen harnsaure Ablagerungen in den Imagines von

---

1) Études sur l'instinct et les metamorphoses des Sphégiens, Ann. d. scienc. natur. 4. Ser. Vol. VI. 1856. Auszug in Gerstäcker's Jahresber. für 1856.

den drei folgenden Ordnungen aufgestossen. Zunächst aus der Ordnung der Orthopteren bei der Feldgrille (*Acheta campestris*) und zwar an den verschiedensten Stellen des Fettkörpers als reichliche Anhäufungen. Dann aus der Ordnung der Dipteren bei *Tipula pratensis*, wo sie sich abermals schon dem freien Auge als Häufchen einer weissen Substanz ankündigten. Endlich bei Schmetterlingen. Im Fettkörper von *Pieris rapae* unterschied man deutlich neben den kugeligen, gelb gefärbten Fetttropfen noch eine dunkle Körnermasse, die sich zum Theil zu krystallinischer Bildung erhob. Die Murexidprobe ergab Harnsäure. Dasselbe zeigte sich bei *Vanessa atalanta*, so dass schon für's unbewaffnete Auge die Theile des Fettkörpers mit der harnsauren krystallinischen Masse weiss, die Theile, welche Fett enthielten, gelb aussahen. Bekanntlich entleeren eben ausschlüpfende Schmetterlinge eine reichliche Menge Harns, der nach den verschiedenen Gruppen der Lepidopteren braun, graubraun, weisslich, gelblich oder auch blutroth aussieht. Es stimmt daher nur mit dem Vorausgegangenen, wenn ich mittheile, dass ich bei *Vanessa urticae* in diesem Stadium den Fettkörper in grösster Menge mit der gleichen blutrothen Harnmasse erfüllt sah, wie sie der Schmetterling nach aussen von sich giebt. Zu den Lepidopteren, von denen ich mir die Anwesenheit der krystallinischen Harnconcremente im Fettkörper noch anmerkte, gehört auch *Zygaena filipendulae*.

Ehe ich in der Aufzählung dessen, was mir der Fettkörper weiter Bemerkenswerthes darbietet, fortfahre, kann ich nicht umhin, im Vorbeigehen darauf hinzuweisen, dass das Vorkommen von harnsauren Ablagerungen im Fettkörper auch eine Bedeutung für die Frage nach der eigentlichen Function der sogenannten Malpighischen Gefässe erlangen kann. Es ist dies ein Gegenstand, mit welchem ich an verschiedenen Orten[1]) mich befasst habe und wobei ich durch meine Beobachtungen

1) Lehrb. d. Histolog. d. Menschen u. d. Thiere 1857. S. 471.
Naturgesch. d. Daphniden, 1860. S. 27.
Bemerkungen über den Bau der Cyclopiden, Arch. f. Naturgeschichte 1857. S. 200.
Zur Anatomie der Insecten, dieses Archiv 1859. S. 66.

zu dem Resultate gekommen bin, dass diesogenannten Malpighischen Gefässe weder ausschliesslich die Leber, noch ausschliesslich die Nieren vorstellen, sondern beides zusammen, also Galle und Harn abscheiden. Der Nachweis der Harnsäure im Fettkörper kann nicht als widersprechendes Moment für die Auffassung gelten, welche ich vertrete. Die Harnsäure bildet sich im Fettkörper oder im Blut. Nach Städeler wenigstens[1]) kommt Harnstoff im Blut der gesunden Seidenraupe vor; ausgeschieden wird sie durch den Darm und seine Anhänge. Entbehrt der Nahrungskanal der sogenannten Malpighischen Gefässe, wie es bei den Cyclopiden der Fall ist, so sind es — und hierauf lege ich besonderes Gewicht — die Epithelzellen des Magens, welche sich mit den Harnconcrementen füllen, und zwar sind es dieselben Zellen, welche ausserdem bräunliche Gallenkörnchen zum Inhalt haben und somit eigentlich Leberzellen vorstellen. Erscheint das Darmrohr zu den Malpighischen Gefässen ausgesackt, so zeigt sich auch in den Epithelzellen dieser Kanäle die doppelte Thätigkeit der Harn- und Gallenabsonderung. Es freut mich, zu sehen, dass Fabre durch seine Untersuchungen ebenfalls zu einem ähnlichen Schluss gelangt ist. Auch nach ihm sind die malpighischen Gefässe eigentlich Leberorgane, in denen aber nebenher eine Abscheidung des Harns stattfindet.

Indem ich nach dieser Abschweifung zum nächsten Gegenstand unserer Erörterung zurückkehre, ist es ferner ein anderer Punkt, den ich weiterer Beachtung empfehlen möchte. Treviranus[2]) beschrieb aus den „Fühlhörnern der Tagschmetterlinge eine weisse, halbflüssige Materie, welche aus kleinen runden, der Farbe nach dem Kalke ähnlichen Theilen besteht.“ Ohne diese Notiz des genannten Forschers zu kennen, welche ich erst später auffand, hatte ich an den Antennen verschiedener Tagschmetterlinge (*Argynnis Aglaja, Pieris brassicae, Vanessa urticae, Papilio Machaon, Apatura Iris, Lycaena*

1) Zeitschrift f. wissensch. Zool. Bd. IX. 1858. S. 441.

2) Erscheinungen u. Gesetze des org. Lebens Bd. II. S. 104.

Adonis) dieselbe Beobachtung gemacht.[1]) Die chemische Prüfung dieser weissen oder gelbweissen „Kalkmilch" hatte Harnsäure ergeben, und da ich mich überzeugt, dass gedachte Substanz in der Matrix der Cuticula abgelagert ist, diese blassgranuläre mit Kernen versehene, die Cuticula abscheidende Hautlage aber in continuirlichem Zusammenhang mit dem „Fettkörper" steht und keinesweges eine davon verschiedene Epithellage ist, wie Manche behaupten wollen, so reihte ich gleich damals dieses Vorkommen von Harnsäure in den Antennen der Schmetterlinge den obigen Fällen ein, als ein weiteres Beispiel von Ablagerungen harnsaurer Verbindungen im Fettkörper.

Da ich am unten angeführten Orte erwähnt habe, dass bei der Neuropterengattung *Ascalaphus*, obwohl die Fühler hier ebenfalls geknöpft sind, sich die beschriebene Substanz nicht findet, so sei auch jetzt nachträglich noch bemerkt, dass ich auch bei dem Widderschwärmer *Zygaena filipendulae*, dessen Fühler ebenfalls kolbig verdickt sind, nichts von einer solchen Ablagerung angetroffen habe.

Noch möchte zweier anderen neuen Beobachtungen zu gedenken sein, die ich ebenfalls hieher zu stellen geneigt wäre, wenn nicht die mikrochemische Untersuchung dagegen spräche. Die Schwingkolben der Dipteren, über deren Bau ich früher[2]) gehandelt, haben bei manchen Arten eine gelbweisse Farbe, so z. B. bei *Tipula pratensis* und *Tabanus bovinus*. Schneidet man nun den Kolben an, so quillt bei genannten Insecten ein gelbweisser Stoff hervor, der unter dem Mikroskop aus dunkelen Molecularkügelchen und grösseren, concrementartigen, zum Theil in Klumpen zusammenhängenden Kugeln besteht. Durch weiteres Nachforschen über die eigentliche Lage der Substanz überzeugt man sich, dass sie in den, einem Fettkörper entsprechenden, Zellenbalken und in der Matrix der Cuticula ruht. Das optische Aussehen der Substanz erinnert durchaus

1) Ueber Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insecten dieses Archiv 1860. S. 297.

2) A. a. O. S. 304.

an manche der erwähnten Fälle, und möchte ich daher in ihr ebenfalls eine harnsaure Verbindung vermuthen, muss aber erklären, dass ich nach Anwendung von Salpetersäure und Ammoniak die Murexidfärbung nicht auftreten sah.

Haben schon nach dem Vorausgegangenen sowohl die Kolben der Antennen als auch die Kolben der Halteren durch Ablagerung von Concrementen eine weissgelbe Farbe angenommen, so scheint in noch ausgedehnterem Maasse bei verschiedenen Raupen die weissgelbe Färbung der Haut von der gleichen Ursache bedingt zu sein. Ich hatte zum Zweck anderer Studien eine auf der Eiche lebende, nackte, etwas über zolllange Raupe vor mir, die ich für *Bombyx bicolora* halte. Der Rücken war gelbgrün, darauf folgt zur Seite Reingrün, hierauf ein gelber Strich, innerhalb dessen die Tracheenöffnungen lagen. Jenseits des Striches war die Hautfarbe wieder rein grün mit einzelnen blassbraunen Flecken; vor dem Schwanzende machte sich noch ein violetter Querstrich bemerklich. Als ich an dieser Raupe nebenbei das Hautpigment untersuchte, so fiel es mir in hohem Grade auf, dass die gelbweisse Farbe aus einem körnigen Stoff bestand, der optisch von derselben Art war, wie er den Schwingkolben die gleiche Farbe verleiht. Die färbende Substanz lag in der Matrix der Cuticula. Eine chemische Prüfung konnte nicht vorgenommen werden, und im Augenblick, wo ich dieses niederschreibe (Januar) sind keine frischen Raupen zur Hand.

Vielleicht ist die in den Schwingkolben der Dipteren und in der Haut der Raupen gefundene Substanz zusammenzustellen mit jenen Ablagerungen, welche durch Zenker[1]) und mich[2]) von *Asellus aquaticus* beschrieben wurden.

2. In den Zellen des Fettkörpers verschiedener Arthropoden finden sich krystallinische Plättchen einer eiweissartigen Substanz.

Ich machte diesen Fund zum erstenmal an der Larve von

1) Archiv für Naturgesch. 1854.
2) Naturgesch. d. Daphniden 1860. S. 17.

Aeshna grandis, als ich einen aus dem frischen Thiere genommenen Fettkörperstreifen des Kopfes näher ansah. In hellen bläschenartigen Räumen lagen da und dort Klumpen einer Substanz, die, obschon an Fett erinnernd, doch nicht den eigentlichen Fettglanz hatten; in anderen eben solchen blasigen Räumen zeigten sich unverkennbare helle, krystallinische Körper, zum Theil in dichter Menge die Blasen erfüllend.[1])

Bald darauf bemerkte ich dasselbe bei einem Jahre lang in Weingeist gelegenen *Buthus afer*, zuerst in der Fettkörpermasse, welche die letzten Ganglien des Bauchmarkes umspann, dann im Fettkörper des ganzen Postabdomens. Auch hier lagen die Plättchen in blasigen Räumen. Von der Seite gesehen, hatten sie die Form von Stäbchen oder schienen etwas spindelförmig; ihre Grösse betrug etwa $^1/_{350}$—$^1/_{175}$‴.

Dass die Erscheinung eine verbreitetere sei, erfuhr ich nach und nach. Ich hatte längere Zeit mehrere Exemplare von *Scorpio europaeus* lebend gehalten und sie regelmässig mit Spinnen und Insecten gefüttert. Beim Oeffnen der Thiere war der Fettkörper sehr entwickelt und überreich an Fetttropfen. Aber nicht blos Fettkugeln erfüllten die Zellen, sondern auch helle Eiweisskügelchen und drittens deutlich unterscheidbare krystallinische Bildungen. In zusammengeschichtetem Zustand nahmen sie sich wieder wie Stäbchen aus, ihrer eigentlichen Gestalt nach aber waren es Plättchen oder Täfelchen mit abgestumpften Kanten. Sie hatten die Lichtbrechung und Conturirung wie Eiweiss, nur etwas schärfer, so dass sie stark an die sogenannten Stearintafeln im Dotter der Batrachier erinnerten.

Abermals kamen mir die Gebilde unter die Augen bei einer Viehbremse (*Tabanus*) und einer Schnacke (*Tipula*). Die meisten Zellen des Fettkörpers waren prall davon erfüllt und man konnte sie auf den ersten Blick leicht von den ebenfalls

1) Obschon eine Verwechselung dieser krystallinischen Plättchen mit den harnsauren Krystallen oder mit den psorospermähnlichen Parasiten des vorausgegangenen Aufsatzes nicht wohl geschehen kann, so will ich doch bemerken, dass mir alle drei zusammen im Fettkörper eines der unten genannten Insecten begegnet sind.

vorhandenen Fetttropfen unterscheiden. Im Profil gesehen, hatten sie wieder eine Stäbchen- oder Spitzweckform, von der Fläche stellten sie Plättchen dar, dreieckig, mehreckig, also von ungleichseitigem Umriss. Ihr optisches Aussehen hielt die Mitte zwischen der Lichtbrechung von Eiweiss und Fett und ich wurde abermals, wenn ich sie mit irgend Etwas aus meiner Erfahrung vergleichen sollte, an die „Stearintafeln" im Dotter der Batrachier und Selachier gemahnt. Nach Zusatz von Essigsäure quollen sie unter Annahme sehr blasser Conturen bedeutend auf, ohne sich jedoch zu lösen.

Dass man es mit einer eiweissartigen Substanz zu thun habe, dafür spricht nicht bloss ihr Verhalten zu Alkohol und Essigsäure, sondern auch ihre Verwandtschaft mit den mehrfach erwähnten „Stearintafeln", an denen Virchow[1]) zuerst nachgewiesen, dass sie aus einer Substanz bestehen, welche sich den eiweissartigen Körpern nähert. Noch näher stehen vielleicht die eiweissartigen Krystalle des Fettkörpers der Arthropoden den von Radlkofer[2]) in den Zellkernen einer Pflanze (*Lathraea squamaria*) entdeckten„ Krystallen eines proteinartigen Körpers."

Schon anderwärts[3]) glaubte ich erwähnen zu sollen, dass der Fettkörper der Arthropoden ein einlässlicheres Studium verdiene, indem ausser anderen Eigenthümlichkeiten noch ganz colossale Zellen bei manchen Arten (*Ixodes, Phryganea* z. B.) zur Ansicht kommen. Bei *Phryganea* lagern solche einzeln zwischen den gewöhnlichen Fettbeuteln und hängen mit ihnen durch eine äusserst zarte, umhüllende Haut zusammen. Ihr Inhalt ist gelbgranulär. Auch bei *Carabus auratus* liegen schon für's freie Auge kenntlich zwischen den meisten Fettläppchen gelbgrüne Portionen, die statt des Fettes mit gelbgrünen Körnern angefüllt sind. In vielen Fällen ist der Farbstoff mit

1) Ueber die Dotterplättchen bei Fischen und Amphibien. Zeitschrift f. wiss. Zool. 1852. Vergl. auch Radlkofer, über die wahre Natur der Dotterplättchen, ibid. 1858.

2) Tagblatt der Naturforscherversammlung in Carlsruhe (1858).

3) Lehrbuch d. Hist. S. 346.

den Fettkügelchen verbunden, so z. B. das lebhafte Roth bei *Trichodes apiarius* und *Lema merdigera* (hier auch das Dotterfett von gleicher Farbe); auch bei vielen anderen Insecten und Krebsen sind die Fetttropfen gelblich oder röthlich oder bläulich gefärbt, mitunter aber bleibt der Farbstoff für sich, wie z. B. der eigenthümlich blaue bei manchen Daphniden, der sich dann in der Haut des Flusskrebses zu Körnchen und selbst zu Krystallen[1]) verdichtet.

Um es kurz zu sagen, mir erscheint der Fettkörper der Arthropoden wie ein wahres Magazin der verschiedensten Substanzen und als ein Organ, in dem ein sehr lebhafter Stoffwechsel abläuft. Das Wenige und Fragmentäre, was diese Zeilen enthalten, meine ich, könnte schon genügen, um zu einer speciellen und gewiss sehr lohnenden Bearbeitung dieses Gegenstandes anzuregen. Wer jedoch mit den sich dabei aufdrängenden Fragen fertig zu werden vor hat, muss nicht blos über morphologische Kenntnisse verfügen, sondern auch noch weit mehr Erfahrung in der mikrochemischen Untersuchung haben. Da ich mich letztere zu besitzen nicht berühmen kann, so möchte ich hiemit das Ganze geschickteren Händen anvertraut sehen.

---

1) Diese blauen Krystalle des Flusskrebses, deren sich meines Wissens bisher noch kein Chemiker angenommen hat, wurden zuerst von Focillon (Compt. rend. T. 31, 1850) angezeigt, dann ohne dass ich vorher von der Beobachtung des französischen Forschers Kenntniss hatte, von mir zum zweitenmal aufgefunden. Vergl. dieses Archiv 1855, S. 379.

Ueber die Ausscheidung der Hippursäure bei Verschluss des Ductus choledochus.

Von

Dr. O. Schultzen.

W. Kühne hat aus seinen Untersuchungen an Icterischen die Ueberzeugung gewonnen, dass bei Impermeabilität des Ductus choledochus im Harn keine Hippursäure auftrete und daraus einige wichtige Schlüsse für den Chemismus in der Leber gezogen (Virchow's Archiv Bd. XIV.) Da die betreffenden Untersuchungen nur bei einem Kranken angestellt waren und die angewandte Methode bei Auffindung kleiner Mengen Hippursäure die Möglichkeit nicht ausschliesst, dass dieselbe der Beobachtung sich entziehe oder sich während der verschiedenen Operationen zersetzt habe, so war es geboten, diese Versuche zu wiederholen.

Einmal ist dieses bereits geschehen, von Neukomm (Frerichs, Klinik der Leberkrankheiten II. S. 537), der in icterischem Harn sowohl ohne als auch nach Benzoësäuregenuss Hippursäure fand. Eine Reihe von Untersuchungen habe ich an Kranken angestellt, welche in der Charité auf der Station des Herrn Professor Frerichs behandelt wurden.

Es mögen hier zuerst einige Bemerkungen über das Verhalten der Hippursäure im Harn und über die Methode der Nachweisung derselben Platz finden.

Icterischer Harn geht bekanntlich sehr leicht in Zersetzung über, und es ist sehr wahrscheinlich, dass hierzu die reichlichen Pigmente Veranlassung geben, welche ja unter allen

Verhältnissen so wandelbarer Natur sind. Meistens sind es Oxydationsprocesse, welchen die Pigmente unterliegen, nicht unähnlich denen der Fäulniss oder Gährung, und es ist bekannt, dass durch solche Vorgänge gar leicht andere Körper in Mitleidenschaft gezogen werden. Namentlich gilt dieses für gepaarte Säuren, welche unter Einwirkung von Fermenten (Schleim, in Zersetzung begriffenen Albuminaten) weit leichter zerfallen, als durch selbst concentrirte Mineralsäuren.

Beim Eindampfen des normalen frischen Urins, der noch seine Pigmente enthtlä, findet nicht selten eine Zersetzung der Hippursäure statt; man muss daher Vorsichtsmaassregeln anwenden, um die Möglichkeit jener Zersetzung auszuschliessen, wenn die gewonnenen Resultate beweiskräftig sein sollen. Sehr einfach wird dieses erreicht, wenn man den frischen Harn vor dem Eindampfen mit Bleizucker ausfällt; der Niederschlag wird durch Filtration, das überschüssige Blei durch Schwefelwasserstoff entfernt, und das letzte Filtrat kann dann nach der Lehmann'schen Methode weiter untersucht werden. Durch das Blei werden die weissen Pigmente, der etwa vorhandene Schleim und viele der sogenannten Extractivstoffe entfernt, welche in anderen Fällen die Zersetzung einleiteten.

Statt der von Lehmann empfohlenen Oxalsäure habe ich Salzsäure zum Zersetzen der hippursauren Salze gewählt, weil, wie Lehmann selber beobachtet hat, in den Aetherextract meist etwas Oxalsäure übergeht, wodurch das Verfahren zur Reindarstellung der Hippursäure sehr viel weitläufiger wird. Zersetzung durch die Salzsäure ist nicht zu fürchten, weil nur anhaltendes Kochen mit der concentrirten Säure das Glycin aus der Hippursäure abscheidet.[1]) Man muss viel Salzsäure zu dem noch warmen Syrup geben, weil die Salze der Schwefelsäure und Phosphorsäure, welche ohne vorgängige Bleifällung vom Weingeist nicht aufgenommen werden, hier als essigsaure Verbindungen grösstentheils in das Weingeistextract über-

1) Wenn man reine Hippursäure mit ziemlich concentrirter Salzsäure im Wasserbade verdunstet, lässt sich im Rückstande meist noch unzersetzte Hippursäure nachweisen.

gehen und zur Vermeidung von Verunreinigungen des Aetherextracts sämmtlich in Chlorverbindungen übergeführt werden müssen.

Mit dem Rückstande, welcher nach Destillation des Aethers bleibt, wird am besten folgendermaassen verfahren. Man nimmt denselben mit einer hinlänglichen Menge Wasser auf, schüttelt mit Blutkohle und concentrirt das Filtrat im Wasserbade, wo sich dann in den meisten Fällen ziemlich reine Krystalle von Hippursäure ausscheiden. Sollte dieses nicht der Fall sein — und ein Hinderniss für die Krystallisation können sein: Spuren von Alkaliverbindungen, oder Extractivstoffe und Fett, welche mechanisch oder in Lösung dem Aetherextract beigemengt sind — so nimmt man wieder mit Wasser auf, versetzt mit einigen Tropfen Bleiessig, wodurch fast sämmtliche Extracte und Fette und etwa vorhandene Benzoësäure entfernt werden, concentrirt das durch Schwefelwasserstoff von Blei befreite Filtrat und setzt nach dem Erkalten einige Tropfen Salzsäure hinzu, welche die Hippursäure aus der Alkaliverbindung fällt. Auf diese Weise ist es mir stets gelungen, selbst in sehr geringen Quantitäten Harn die Hippursäure mit Sicherheit nachzuweisen.

Um den gefundenen Körper als Hippursäure zu constatiren, genügen folgende Merkmale:

1. Sie ist ziemlich schwer löslich in Aether und kaltem Wasser, leicht löslich in heissem Wasser und Weingeist. 2. Zeigt sie eine recht charakteristische Krystallform. Löcke (Virchow's Archiv) erhebt Bedenken wegen der Aehnlichkeit mit den Formen des Gypses. Ganz abgesehen von den so differenten Löslichkeitsverhältnissen und der Verbrennbarkeit, zeigt doch auch die Krystallform sehr evidente Unterschiede. Die Prismen der Hippursäure sind sehr selten zugespitzt, meist sogar parallelflächig und von den Enden mehrflächig abgestumpft. Wenn die Hippursäure, was bei der Darstellung aus Harn sehr häufig zur Anwendung kommt, aus Alkaliverbindungen durch Salzsäure abgeschieden wird, so schiesst sie immer in kleinen prismatischen Nadeln an, welche mit keinem anderen Körper zu verwechseln sind. Zudem

ist auch das Lichtbrechungsvermögen derselben weit geringer, als das des Gypses. 3. Sie schmilzt und entwickelt Blausäuregeruch beim Erhitzen im Glasrohr. 4. Giebt sie mit Eisenchlorid in neutraler Lösung einen röthlichbraunen Niederschlag.

Bei sämmtlichen unten aufgeführten Untersuchungen wurden diese Reactionen zur Bestätigung der Hippursäure angestellt.

Der exquisiteste Fall von Verschluss der Gallenwege wurde beobachtet bei einem Manne, welcher acht Wochen vor seiner Aufnahme in die Charité an Icterus erkrankt war. Bei seiner Aufnahme war die Haut broncegelb, in's Grünliche schimmernd; die faeces waren hart, trocken und von weisslichem, thonartigem Ansehen; alle diese Erscheinungen wollte der Kranke schon seit Wochen beobachtet haben.

Es war von vornherein nicht mit Sicherheit festzustellen, durch welche Ursache der Verschluss des Gallenganges bedingt war.

Nachdem der Kranke mehrere Tage beobachtet war, wurden 500 Cc. frisch gelassenen Urins nach der Lehmann'schen Methode untersucht. Der Rückstand des Aetherextracts wurde mit wenig Wasser aufgenommen und stehen gelassen; nach einigen Stunden hatten sich Krystalle ausgeschieden, welche mit Sicherheit als Benzoësäure erkannt wurden.

Die stark saure Mutterlauge wurde mit Blutkohle geschüttelt und mit Bleiessig gefällt. Der Bleiniederschlag musste die grösste Menge der vorhandenen Benzoësäure enthalten. Derselbe wurde gesammelt, in Wasser suspendirt, mittelst Schwefelwasserstoff zerlegt, das Filtrat vom Schwefelblei nach dem Verjagen des Schwefelwasserstoffs mit verdünnter Sodalösung genau neutralisirt und auf ein möglichst kleines Volumen concentrirt. Ein Paar Tropfen Salzsäure schieden daraus Benzoësäure in schönen Krystallen ab.

Aus dem Filtrat des Bleiniederschlages konnte keine Hippursäure dargestellt werden.

Der Kranke nahm darauf eine Saturation von Acid. Benz. ʒj. mit Natr. carb. q. s. in 5 Unzen Wasser. Dieselbe wurde

von 3 Uhr Nachmittags bis 9 Uhr Abends ausgebraucht und rief keinerlei Beschwerden hervor.

Der bis zum anderen Morgen gelassene Harn wurde gesammelt und wie früher untersucht; es fand sich nur Benzoësäure, keine Hippursäure. Ein Versuch, in dem Weingeistextract Glycin nachzuweisen, misslang. Es beweist dieses jedoch gar nichts bei den Schwierigkeiten, welche die Auffindung dieses so indifferenten Körpers im Harn bildet.

Nachdem dieser Versuch beendet war, nahm der Kranke, dessen Zustand ganz gleich geblieben war, wiederum eine Drachme Benzoësäure in derselben Weise.

Von dem bis zum anderen Morgen entleerten Urin wurde die eine Hälfte sogleich mit Bleizucker ausgefällt, das Filtrat von Blei befreit und wie oben untersucht.

In dem ätherischen Auszuge waren nach mehrstündigem Stehen prachtvolle Nadeln von Hippursäure angeschossen, während der in Aether unlösliche Rückstand zu einem Brei von Krystallen desselben Körpers erstarrt war. Die ganze Menge der so erhaltenen Krystalle wurde in Wasser gelöst, mit Blutkohle entfärbt und wiederholt umkrystallisirt. Auf diese Weise konnten schneeweisse, grosse vierseitige Prismen erhalten werden, deren Eigenschaften keinen Zweifel an der Identität mit Hippursäure zuliessen.

Die andere Hälfte des Harns wurde ohne vorgängige Bleifällung untersucht, und es konnte nur Benzoësäure erhalten werden.

Es ist nach diesem Resultat klar, dass die Benzoësäure sich erst während des Eindampfens aus vorhandener Hippursäure gebildet hatte und dass bei vollständigem Verschluss des Ductus choledochus die genossene Benzoësäure ebenso wie im gesunden Organismus als Hippursäure im Harn erscheinen kann.

Fünf Tage nach obigem Versuch wurden 500 Cc. frisch gelassenen Harns mit Bleizucker ausgefällt und auf Hippursäure untersucht. Das Resultat war, wie zu erwarten stand, ein positives und die gefundene Menge Hippursäure entsprach annähernd dem Quantum, welche in gleichen Mengen normalen Urins sich vorfindet.

Noch zweimal wurden an demselben Kranken ähnliche

Versuche und stets mit demselben positiven Resultate angestellt. —

Erst mehrere Wochen nach dem letzten Versuche wurde der Gallengang plötzlich permeabel. Einwände gegen die Tauglichkeit dieses Kranken zu solchen Versuchen sind daher ausgeschlossen.

Ein zweiter Fall, der zur Beobachtung kam, bot dieselben Bedingungen, wie der Kranke, an welchem Kühne seine Untersuchungen angestellt hat. Der Ikterus war durch einfachen Katarrh der Gallenwege bedingt und bestand erst einige Tage.

Von dem frisch gelassenen Urin wurde die eine Hälfte zuvor mit Blei behandelt, die andere sogleich eingedampft. Hier ergaben beide Portionen Hippursäure. Nach Genuss einer Drachme Benzoësäure fand sich nach beiden Methoden die entsprechende Menge Hippursäure im Harn.

Noch vier Fälle von Ikterus catarrh. kamen zur Beobachtung und sämmtliche Untersuchungen gaben dasselbe positive Resultat. In den meisten Fällen wurde ohne vorgängige Bleifällung nur Benzoësäure gefunden; einige Mal auch nach der Behandlung mit Bleizucker neben Hippursäure etwas Benzoësäure. Dieses fand jedoch nur statt, wenn der Harn, bevor er in Arbeit genommen wurde, einige Zeit gestanden hatte, und derselbe gab dann auch keine Gallenfarbstoffreaction mehr gegen Salpetersäure, woraus erhellt, dass das Gallenpigment bereits zersetzt war.[1])

Ein Fall möge hier noch besonders erwähnt werden, wo der Ausfluss der Galle durch ein rein mechanisches Hinderniss gehemmt war. Es betraf derselbe eine ältere Frau, welche zu wiederholten Malen ikterisch gewesen und unter den Erscheinungen der Gallensteinkolik auf eine Abtheilung gebracht worden war.

Die Haut war ziemlich intensiv gelb gefärbt, die Stühle enthielten kein Gallenpigment.

1) Zuweilen gelingt auch mit ganz frischem ikterischem Harn die Reaction nicht; in allen diesen Fällen zeigte jedoch der eben gelassene Harn bei Zusatz von unreiner Salpetersäure sehr schöne Farbenringe.

Kolikartige Schmerzen, welche vom rechten Hypochondrium ausstrahlten, ziemlich regelmässige Schüttelfröste, Schmerzhaftigkeit auf Druck in der Lebergegend, so wie das wiederholte Auftreten von Ikterus unter Coincidenz derselben Erscheinungen sicherten die Diagnose auf Gallensteine.

Hier wurde, wie in allen übrigen Fällen, Hippursäure gefunden; jedoch zeigte dieser Harn eine auffallend grosse Neigung zur Zersetzung. Schon nach viertelstündigem Stehen war der grössere Theil der Hippursäure zersetzt, und nach einer halben Stunde war alle Hippursäure verschwunden. Wurde jedoch der Harn noch warm, wie er aus der Blase kam, mit Bleizucker ausgefällt, so liess sich nur Hippursäure nachweisen.

Einige andere Fälle, bei denen dasselbe Resultat erhalten wurde, führe ich nicht auf, weil der Gallengang mehr oder weniger bald nach der angestellten Untersuchung durchgängig wurde und daher der Einwand erhoben werden kann, dass schon während des Experiments kein vollständiger Verschluss mehr bestanden habe.

Die angeführten Beobachtungen werden neben dem von Neukomm beschriebenen Falle genügen, um die Behauptung Kühne's, „dass bei Verschluss des Ductus choledochus keine Hippursäure gebildet werde", nebst der hierauf gegründeten Annahme von dem Aufhören der Glycinbildung in der Leber, zu widerlegen.

Ob überhaupt die Entstehung der Hippursäure etwas mit dem Glycin der Leber zu thun hat, ist noch durchaus nicht genau erwiesen, da die von Kühne und Hallwachs (Virchow's Archiv) bei ihren Versuchen angewandte Methode keinerlei Garantie für die Genauigkeit der Resultate bietet.

Ich will hier nur anführen, dass im Harn eines Hundes, welcher mit Benzoësäure gefüttert war, neben wenig Hippursäure stets sehr beträchtliche Mengen Benzoësäure sich fanden, obwohl der Urin in einem Schwefelsäure enthaltenden Gefäss aufgefangen und möglichst frisch in Arbeit genommen wurde.

Ueber die Muskelfaser der Evertebraten.

Von

G. R. WAGENER,
Dr. Privatdocent und Assistent am Königl. anat. Museum in Berlin.

(Hierzu Taf. IV. und Taf. V.)

In der Histologie ist die Meinung allgemein verbreitet, dass die glatten Muskelfasern der Evertrebraten mit den sogenannten organischen der höheren Thiere gleich zu stellen seien.

Diese Behauptung gründete sich darauf, dass die Muskelfasern von Schnecken u. s. w., wie die organischen, als langgestreckte spindelförmige oder auch lanzettförmig endigende erschienen, welche stets einen Kern zeigten.

Diese Eigenschaften können aber durchaus nicht als hinreichend angesehen werden, um die behauptete Gleichwerthigkeit beider Gewebe zu begründen.

An den Muskelfasern der Evertebraten hat man schon lange eine äussere structurlose Hülle unterscheiden und nachweisen können, während mit Ausnahme Remak's noch Niemand eine solche an den organischen Muskelfasern behauptet hat. Denn dass der Ausdruck „organische Muskelzelle" das Vorhandensein einer structurlosen Hülle selbstverständlich in sich schliesst, kann man deshalb nicht annehmen, da der Begriff der Zelle nach den heutigen Anschauungen vieler Forscher durchaus nicht nothwendig das Dasein einer Zellenmembran mit sich führt. Indess hat Remak auch nicht den Nachweis für seine Behauptung geführt.

Ob die organischen Muskelfasern der Evertebraten wirklich eine Haut oder Hülle besitzen, wie sich wohl aus Querschnitten derselben schliessen lässt, soll hier nicht erörtert werden.

Aber nicht allein in dieser Hinsicht ist die Behauptung der Identität beider Gewebe unbegründet, sondern es ist auch dabei übersehen, dass den organischen Muskelfasern stets jener mit Körnchen angefüllte Centralkanal fehlt, den man nur selten bei den Muskelfasern der Evertebraten vermisst.

In der nachfolgenden Untersuchung sind die Ergebnisse von Beobachtungen niedergelegt, welche den Bau der Muskelfasern bei den niederen Thieren zum Gegenstande haben.

Es hat sich hiebei herausgestellt, dass die Muskelfasern vieler Evertebraten, denen man organische Muskelfasern zuschrieb, ebenso wie die der höheren Thiere als Muskelprimitivbündel anzusehen sind, welche häufig auch noch die Erscheinung der Querstreifung zeigen.

Zerreisst man eine lebende *Planaria torva* oder *lactea*, so sieht man unter den vielen fetttropfenartigen Kugeln der Eiweissdrüsen stark lichtbrechende, meist spindelförmige Körper von verschiedener Breite und Länge, an denen man zuweilen noch geringe Bewegungen wahrnimmt. Diese Bruchstücke, die von allen Beobachtern mit Recht als von Muskelfasern herrührend angesehen worden sind, zeigten sich bis jetzt bei allen Muskelfasern, sei es von höheren oder niederen Thieren, welche mit Erfolg starken Zerrungen und Quetschungen ausgesetzt werden konnten. Die sonst durchsichtige und das Licht schwachbrechende Muskelfaser erhält dadurch ein so grosses Lichtbrechungsvermögen, dass man diese veränderten Stellen eher für Fett als für Muskel halten möchte. Zugleich hört jede etwa vorhandene Quer- und Längsstreifung an diesen Stellen auf, sichtbar zu sein, ohne dass jedoch die Spaltbarkeit eines solchen Muskelstückes in Fibrillen durch diese Veränderung dabei stets zu Grunde ginge.

Bei der Untersuchung der kleinen lebenden Planarienspecies, wie *Vortex* etc., welche schon durch ihre Kleinheit sich der weiteren Präparation entziehen, erscheinen die Muskeln als sehr fein längsgestreifte Stränge von schwacher Lichtbrechung, denen sehr ähnlich, welche im *Stentor* von Lieberkühn beschrieben worden sind, und nicht mit den stark ausgeprägten

Längsfurchen der Leibesoberfläche dieses Thieres zu verwechseln sind.

Am geeignetsten für die Untersuchung erwiesen sich die grossen Nemertinen und wurde namentlich ein von Dr. Baur dem Museum geschenktes, in Weingeist aufbewahrtes Thier aus Triest benutzt, was, wenn auch wie gewöhnlich zerbrochen, im Uebrigen jedoch vortrefflich erhalten war.

Die Längs- und Quermuskeln dieses Thieres bestanden aus langen, sehr feinen, starren Fasern, die eine structurlose, mit Körnchen sparsam durchsäte Substanz mit einander zu Gruppen verband. Kernartige Körper liessen sich meist in ihr nicht nachweisen, und waren sie vorhanden, so blieb ihre Beziehung zu der Bindemasse fraglich.

Die Muskelfasern selbst zeigten ein eigenthümliches Verhalten. Sie waren nämlich deutlich quergestreift und, wie es bei den höheren Thieren schon längst bekannt ist, war an manchen Stellen ein allmähliger Uebergang in ungestreifte Faserpartien wahrzunehmen; dieser Uebergang erfolgte öfters so allmählig, dass man keine Grenze fand, die den quergestreiften Theil des Muskelbündels von dem ungestreiften Theil desselben schied. (Fig. 1, Taf. IV.)

Wurde ein solches Bündel so viel wie möglich in einzelne Fasern zerlegt, so sah man an letzteren kleine oder grössere dunkele, als Querstreifung erscheinende Anschwellungen regelmässig mit lichteren Stellen abwechseln, an welchen letzteren augenscheinlich die Faser in kürzeren oder längeren Abschnitten mehr oder minder verdünnt war. Beim Schieben des Deckglases zeigten sich namentlich diese dünnen Stellen an den Fasern als leicht zerbrechlich. — An anderen Fasern, deren Anschwellungen sich durch Grösse besonders auszeichneten, waren diese verdünnten Stellen sehr lang. In anderen Fällen zeigte sich an einer Faser eine ganze Reihe von diesen Anschwellungen[1]) in allen Grössen immer mit einem mehr oder

1) Ich bediene mich des Ausdrucks „Anschwellung“ in Fällen, wo möglicher Weise dieselbe durch Faltenbildung bedingt sein kann. Stets geben sich die Anschwellungen im mikroskopischen Bilde, wie bekannt, als Querstreifung zu erkennen.

minder langen dünneren Faden unter einander zusammenhängend.

Die Gestalt der Anschwellungen liess sich deutlich an den grösseren als kuglig oder spindelförmig und den ganzen Umkreis der Faser einnehmend erkennen. Letzteres war sehr klar an umgebogenen Fasern, die dem Beobachter sich in der Verkürzung zeigten.

Es war sehr schwierig, vielleicht unmöglich, in einem gegebenen Falle mit Sicherheit anzugeben, ob man es mit einer oder mehreren Fibrillen zu thun hatte. Leises Drücken und Schieben des Deckglases machte öfters noch eine Scheidung in zwei oder drei Fibrillen deutlich in Fällen, wo man glaubte, es nur mit einer einzigen zu thun zu haben. Entweder lagen die Fibrillen so dicht bei einander, dass man ihre Grenzlinie nicht sah, oder die Muskelsubstanz hat die Fähigkeit, in der Länge spaltbar zu sein. So wahrscheinlich das erstere auch ist, so fehlt doch noch die ausreichende Begründung für die letztere Behauptung.

Diese Eigenthümlichkeit der Muskelsubstanz erklärt aber die Form einer kleinen Anschwellung, welche häufig sich beobachten liess (Fig. 1 a). Der quer auf der Faser stehende Berg solcher Anschwellung sandte an den Rändern der Faser nach oben und unten zwei kleine Ausläufer herab, die sich allmählig in die Faser verliefen. Hier gelang es stets, wenigstens drei Fasern oder vielleicht Fibrillen von einander durch Schieben des Deckglases zu trennen, deren mittlere die kürzere, die beiden anderen aber längere Anschwellungen besassen. — Den Uebergang zu dieser Art von querlaufender Anschwellung bildeten die über mehrere Fasern gebogenen fortlaufenden Querleisten.

Da die Querschnitte an der weichen Nemertine nicht genügend fein ausfielen, so wurden Stücke derselben getrocknet und mit scharfen Messern Querschnitte von möglichster Feinheit gemacht. Nach der Einwirkung von Wasser wurde Essigsäure hinzugesetzt, die den Schnitt aufquellen machte und die Untersuchung gestattete.

Bloss mit Wasser behandelte Schnitte zeigten nur ein Netz

von dunklen Linien, welche den Begrenzungslinien der Muskelfasern oder Fibrillenbündeln entsprachen. Das starke Glänzen des Präparates aber verhinderte jede weitere Einsicht.

Nach dem Zusatz von Essigsäure kam die netzförmige Zeichnung klar zum Vorschein und gewährte einen Anblick, der an den Querschnitt einer mit Salpetersäure behandelten Sehne erinnerte. Die hellen Linien, welche die Fasern wie ein Netz umgaben, liessen sich als die Bindesubstanz, welche die einzelnen Fasern trennte, ansehen, wenn es sowie bei der Sehne gelungen wäre, den Inhalt der Maschen zu entfernen. (Fig. 2 und 3, Tafel IV.)

Die Fasern im Netze liessen, mit sehr starken Vergrösserungen (Ross. $^1/_8$) untersucht, gleichfalls zuweilen eine feine Punktirung erkennen, besonders an den Rändern des Schnittes, wenn derselbe sehr fein gerathen war, deren Aussehen die Deutung zuliess, dass man hier Querschnitte der Fibrillen vor sich habe.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass namentlich für die Längsansicht der Fasern und Fibrillen die Bruchstellen der Nemertinen verwandt wurden. Es liegt nahe, das Selbstzerbrechen, was diese Thiere so auszeichnet, als in den oben geschilderten Eigenschaften der Muskelfasern begründet sich vorzustellen.

Ein Stück des Hautmuskelschlauches einer Arion oder eines anderen lebenden Gastropoden mit Nadeln zerrissen und mit dem Mikroskope betrachtet, zeigt dem Beobachter nichts Neues.

Entfernt man aber vor der Präparation mittelst eines Tuches oder mit Löschpapier den daran haftenden, zähen, glasigen Schleim, was sich sehr schnell bewerkstelligen lässt, so sieht man auf den zahlreichen Bruchstücken der Muskelfasern eine ebenso feine wie deutliche und regelmässige Längsstreifung.

An den Stellen, wo das Sarcolemma zerrissen seinen Inhalt überragt, hört die Längsstreifung zugleich mit dem Inhalte auf und setzt sich nicht auf die Muskelfaserscheide weiter fort. Beim Zusatz von Essigsäure verschwindet die Längsstreifung bis auf einen leisen Schein, der an verschiedenen Stellen verschieden deutlich ist.

Ein Stück des Hautmuskelschlauches von einem Gastropoden leicht macerirt, zeigt die vom Zufall ihrer Scheide beraubten Muskelfasern in eine Menge sehr feiner Fibrillen auseinandergefallen. Die mit körniger Masse erfüllte Centralhöhle ist bei einigen noch sichtbar, bei den meisten aber sieht man die Körnchen unregelmässig unter den Fibrillen zerstreut.

Die Fibrillen selbst sind sehr fein. Ihre Randlinien zeigen bei den gebräuchlichen Vergrösserungen keine Abweichungen vom parallelen Verlaufe. Doch macht sich häufig ein regelmässig gefleckte's Ansehen der Fibrillen bemerklich, gleichwie dunkle und hellere Punkte, die immer den Verlauf der Faser innehalten, und die Fibrille wie quergestreift erscheinen lässt. Sehr starke Vergrösserungen (Ross. $^1/_8$ $^1/_{12}$) lassen die hellen und dunklen Flecke wie Veränderungen und Verdickungen der Faser erscheinen.

Man kann auch die Fibrillen, aus welchen die Muskelfasern oder Muskelprimitivbündel bestehen, ohne voraufgegangene Maceration erkennen. Die Bruchenden der frischen Fasern sind meist mit vielen frei herausstehenden Fibrillen versehen, die sich bei näherer Betrachtung dem Beobachter nicht entziehen. (Fig. 4, Taf. V.)

Am Sarcolemma war es nicht möglich, etwas zu finden, ausser den schon von Bowmann bei Wirbelthieren bemerkten eigenthümlichen Zeichnungen, was noch auf eine weitere Organisation desselben hinwies.

Die kernartigen Körper, welche man an den frischen Muskelfasern findet, sind meist oval, zeigen doppelte Conturen, die einen durchsichtigen mittleren Theil mit mehreren dunkleren Körnchen umschliessen. Die grösseren der letzteren hat man Kernkörperchen genannt.

Die Lage der sogenannten Kerne oder kernartigen Körperchen näher zu bestimmen, ist sehr schwierig. Häufig scheinen sie innerhalb der centralen Körnchensäule der Muskelfaser zu liegen. In anderen Fällen würde man sie an der Innenfläche des Sarcolemma sitzend glauben, in noch anderen Fällen scheinen sie auf der Oberfläche desselben zu haften. Dabei liessen diese sogenannten Kerne keine Unterschiede be-

merken. Sie sahen sich im Gegentheile so ähnlich, dass man sie für Gebilde derselben Art halten musste.

Bei der Vergleichung dieser sogenannten Kerne mit denen, welche an den Nervenscheiden gefunden werden, liess sich ebenfalls kein durchgreifender Unterschied aufweisen. Die sogenannten Nervenscheiden bei den Schnecken sind aber allgemein und mit Recht als zum Bindegewebe gehörig angesehen worden.

Auf diese Aehnlichkeit hat bis jetzt noch Niemand hingewiesen, obgleich Haeckel (Müller's Archiv 1857. Tafel XVIII.) die kernartigen Körper der Nerven und Muskelhülle beim Krebse als ganz gleichartige Gebilde abzeichnet, ohne jedoch im Texte auf diese Aehnlichkeit hinzudeuten. Ebenso ist es bis heute nicht möglich gewesen, den sogenannten stäbchenförmigen Kern der organischen Muskelzelle in seinen jüngeren Zuständen von denen des Bindegewebes zu unterscheiden. Auf alle diese Gebilde wirken die gebräuchlichen Reagentien auf gleiche Weise ein; und lässt sich deshalb auch durch diese chemischen Mittel kein Unterscheidungszeichen herstellen.

Nicht einmal die gebräuchliche Bezeichnung Kern, die man diesem Bestandtheile des Bindegewebes häufig zu geben pflegt, ist über jeden Zweifel erhaben, da manche in ihm eine verschrumpfte Zelle zu sehen vermeinen, ohne dass die erstere oder die letztere Ansicht durch entscheidende Beobachtungen gestützt wäre. So ist denn das einzig bekannte von diesen Körperchen nur ihre Gestalt, und alles andere, was man von ihnen noch weiter wissen will, nur Meinungen.

Möglichst schnell getrocknete Schnecken boten auf ihren Muskelquerschnitten, welche, wie oben schon angegeben, mit Essigsäure und Wasser behandelt wurden, die schon früher bei den Nemertinen-Muskeln erwähnten Netze dar. Die von dergleichen Streifen gebildeten Massen waren aber bedeutend grösser und dicker, und in der Mitte jedes Feldes sah man eine Körnchenmasse, der körnigen Axe der Muskelfaser entsprechend. (Fig. 15, Taf. V.) Die hellen breiten Linien, welche die einzelnen Muskelfasern abgrenzen, sind auf das Sarcolemma zu beziehen. —

Bei der Untersuchung des Schliessmuskels verschiedener Bivalven erscheinen die Muskelfasern in der Längenansicht meist wie glatte Muskelfasern der Wirbelthiere. Doch zeigte sich ebenfalls an frischen Muskeln von Anodonta jene feine, schon bei den Gastropoden erwähnte Punktirung, welche sich im Verlauf der Fibrillen hielt. Hiebei ist jedoch zu erwähnen, dass man den die Beobachtung sehr hindernden Schleim nicht so leicht und vollständig wie bei den Gastropoden und Hirudineen entfernen kann. (Fig. 4, Taf. V.)

Der Schliessmuskel der Bivalven enthält sehr wenig Bindesubstanz. Deshalb lässt sich auch an diesem Organe so leicht der fasrige Bau derselben zeigen, und ist es nicht möglich gewesen, das Sarcolemma in der Weise darzustellen, wie man es bei den Hirudineen und Gastropoden gewohnt ist. Man findet keine deutliche Scheiden und keine Kerne, sondern nur Fetzen structurlosen Bindegewebes, an denen selten ein kernartiges Gebilde haftet, dessen wahre Bedeutung nicht aufzuklären war.

Die Muskelfasern stellen nach der Präparation ungleich grosse Fibrillenaggregate dar in Form von Platten, welche letzteren vielleicht den nicht zu vermeidenden Zerrungen bei der Oeffnung des Thieres und der Behandlung mit Nadeln ihren Ursprung verdanken.

Trocknet man den Schliessmuskel einer Anodonta in der Weise, dass man den Theil der beiden Schalen, welche er mit einander verbindet, mit ihm in Zusammenhang lässt (was mit einer feinen Säge leicht sich herstellen lässt) und macht nach dem Trocknen des Präparates feine Querschnitte, die man mit Wasser und Essigsäure aufquellen lässt, so erscheint wieder das Netz von hellen Streifen, was die einzelnen Fibrillenbündel von einander abgrenzt, und ab und zu dunkle Körnchen enthält. Die durch die contractile Substanz der Muskelfasern gefüllten Maschen sind bei günstiger Beleuchtung häufig fein punktirt. Diese Erscheinung kann ihren Grund wie in allen früher erwähnten Fällen entweder darin haben, dass die Querschnitte der Fibrillen, oder dass die Zwischenräume zwischen ihnen sichtbar sind. (Fig. 5 u. 6, Taf. IV.)

Die Muskelfasern des Anodontenfusses sind weit inniger mit

einander verbunden. Die durch die Präparation gezerrten Fasern sind platt. Das feine Sarcolemma liegt ihnen dicht an. Die sogenannten Kerne, die man gewöhnlich in der Mitte der Faser findet, sind rund und enthalten ein sogenanntes Kernkörperchen. Um ihnen liegt gewöhnlich eine Menge feiner dunkler Körnchen angehäuft, von welchen einzelne nach beiden Enden der Faser in unterbrochenen Reihen ausgehen. Der sogenannte Kern erscheint zuweilen wie verkümmert. In diesem Falle finden sich in seiner Umgebung mehr dunkle Körnchen angehäuft. (Fig. 4, Taf. IV.)

Ob diese Körnchenstreifen innerhalb der Muskelfaser als Andeutung oder Reste des in den jungen und selbst ausgebildeten (Vögel) Muskelfasern höherer Thiere und des in den Muskelfasern der Evertebraten vorkommenden körnigen Markes anzusehen sind, haben meine Untersuchungen nicht entscheiden können.

Der Schliessmuskel einer in Weingeist aufbewahrten *Lima spec.* mit klaffenden Schalen aus Triest bestand in seiner äussersten Schicht aus starren glatten Fasern. Dicht unter diesen befanden sich nur quergestreifte Muskelfasern in so grossen Mengen, dass es nicht möglich war, ein Präparat ohne diese zu machen.

Die Muskelfaserbruchstücke (Fig. 7, Taf. IV.) waren platt, von verschiedener Breite, ohne sichtbare Kerne und Scheide. Die sehr sparsam vorkommende Bindesubstanz war ohne weitere wahrnehmbare Structur. Die feinsten Fasern, welche vielleicht Fibrillen waren, glichen in ihrem Querdurchmesser den Fibrillen, welche sich aus den Muskelfasern der Schnecken darstellen liessen.

Die Querstreifen auf den Bündeln zeigten sich so deutlich wie bei den Insecten. Dunkle und helle Streifen wechselten meist regelmässig mit einander ab. Die feinsten Fasern hatten lichtere verdünnte Stellen und dunklere als Querstreifen erscheinende Anschwellungen. Die Querstreifen bildeten selten gerade über die Muskelfaser fortgehende Linien. Gewöhnlich waren sie in einem mehr oder weniger spitzen Winkel geknickt,, deren Schenkel zuweilen parallel liefen, zuweilen aber auch immer grössere Zwischenräume an ihren

Enden bildeten. Oefters löste sich die Zeichnung in eine Anzahl von helleren und dunkleren Punkten auf, deren Verbindung zu Linien der Vorstellung des Beobachters überlassen werden musste.

Die Muskelfasern der grösseren Hirudineen lassen sich wie bei *Arion* leicht durch Salpetersäure vereinzeln. (Fig. 8, Taf. IV.) Sie sind in dieser Form von den verschiedensten Beobachtern beschrieben. Sie gleichen im Wesentlichen denen der Gastropoden, mit welchen sie die Eigenthümlichkeit theilen, mit dem Schleime untersucht, keine feine Längsstreifung und Faserung (Fig. 12, Taf. V.), nach Entfernung desselben aber keinen Zweifel über das Dasein derselben zuzulassen.

Die kernartigen Körperchen und der kernige Axenstrang innerhalb der Muskelfaser zeigen das schon bei Arion hervorgehobene Verhalten.

Macht man jedoch in der schon öfter erwähnten Weise Querschnitte von den Muskelfasern, so sieht man auf denselben nach dem Zusatze von Essigsäure von der körnigen Axenmasse Strahlen ausgehen, welche die Muskelfaser oder Muskelprimitivbündel durchsetzend, bis zum hell sich abgrenzenden Sarcolemma vordringen.

Bei sehr starken Vergrösserungen erweisen sich die Strahlen des Sternes als sehr regelmässig gekörnt, d. h. aus dunkleren und helleren Punkten bestehend. Es gleicht der Querschnitt durchaus dem der Muskelfasern gewisser Nematoden, wie es in diesem Archiv 1860, Taf. V. von A. Schneider abgebildet ist. (Fig. 10 und Fig. 13, Taf. IV.)

Nach den mitgetheilten Beobachtungen kann man sich vorstellen, dass die Fibrillenstränge strahlenförmig um den körnigen Axenstrang gruppirt sind. Man kann ferner meinen, dass die von v. Holst de structura musculorum Dorpat 1846, Fig. 2 gegebene Abbildung, auf welcher Reichert die von ihm zuerst ausgesprochene Behauptung gründet, dass die Muskelfasern der Evertebraten aus Fibrillen zusammengesetzt sind, nicht einzelne Fibrillen, sondern Fibrillenstränge innerhalb der Muskelfasern darstellt, von welchen die weit feineren Fibrillen in der Aggregation nicht gesehen wurden. Ebenso ist die Beobachtung Amici's für diesen Punkt von Wichtig-

keit (Virchow's Archiv Bd. 16. Taf. X., Fig. 1, S. 414), welcher bei der dem Beobachter den Querschnitt zukehrenden Fliegenmuskelfaser eine sternförmige Figur beschreibt, aus welcher er sogar den Schluss glaubt ziehen zu müssen, dass die Muskelfaser der Fliege aus zwei in einander steckenden Cylindern bestehe.

Bei der Längsansicht der Muskelfaser einer Fliege oder anderer Insecten ist man allerdings anfangs versucht, die Amici'sche Ansicht für richtig zu halten. Doch sieht man an in der ganzen Länge aufgerissenen Muskelcylindern nie einen zweiten, welcher in der Höhle läge, oder aus der abgerissenen Muskelfaser hervorragte. Die breiten glänzenden Längsstreifen erweisen sich als Falten, welche durch Druck zum Verschwinden gebracht werden können und durch andere Handthierungen sich erzeugen lassen. Hieraus ergiebt sich, dass kein zweiter Cylinder in der Längsansicht sichtbar zu machen ist.

Dasselbe lehrt aber auch die Beobachtung des Querschnittes. — Hat eine Muskelfaser ihr abgerissenes Ende gerade dem Beobachter ab- oder zugewendet, so sieht man in seltenen Fällen zwei concentrische Strahlenkreise. Meist ist nur einer unvollständig sichtbar, zuweilen alle beide. Mittelst der Focaleinstellung erkennt man, dass die Erscheinung des doppelten Strahlenringes durch die gleichzeitige Ansicht dreier verschiedener Dinge erzeugt wurde. Man sieht nämlich die zusammengebogenen Ränder des Muskelfasercylinders zugleich mit dem scheinbaren Querschnitt der in der Verkürzung sichtbaren Muskelfaserwandung, beide mit ihren die Strahlen bildenden Längsstreifen. Je näher die abgerissenen zusammengebogenen Ränder der Muskelfaser der Ebene ihrer Umbeugungsstellen liegen, um so grösser ist die Aehnlichkeit des Präparates mit den von Amici beschriebenen. Bei genauer Focaleinstellung sieht man immer nur Einen Theil der Amici'schen Zeichnung deutlich, die anderen sind ungenau in ihrer Begrenzung.

Bei den Hirudineen ist der Ursprung der sternförmigen Figur auf dem mit Essigsäure behandelten Muskelfaserquerschnitt nicht so klar wie in dem oben berührten Falle darzuthun, da es bis jetzt nicht gelang, Querschnitte an den Muskeln gewis-

ser Nematoden darzustellen, welche die der sternförmigen Figur ähnliche Zeichnung nicht zeigen.

Bei den Hirudineen selbst erhält man den Strahlenkranz bei sehr feinen Querschnitten ebenso gut wie bei dickeren, doch sieht man ihn an den dünneren Muskelfasern weit seltener als an den gröberen, wo man ihn gewöhnlich findet. Dasselbe ist der Fall bei den Querschnitten der Muskelfasern des Mantels der Cephalopoden, wo die sternförmige Zeichnung nur an wenigen Faserquerschnitten erscheint.

Dass die sternförmige Figur in vielen Fällen nicht auf eine besondere Anordnung der Fibrillen innerhalb der Muskelfasern zu beziehen ist, geht mit Sicherheit aus den Muskelquerschnitten von höheren Thieren hervor. Man kann hier deutlich bei der Einwirkung der Essigsäure die Sternstrahlen auf Kosten der Längsoberfläche sich verlängern sehen, indem das Uebertreten der Längsstreifen auf die Schnittfläche genau zu verfolgen ist.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen ergiebt sich, als Resultat, dass die Muskelfasern der Evertebraten, welche zu den glatten gerechnet wurden, in demselben Sinne wie die der höheren Thiere aus Fibrillen bestehen, welche von einer aus Bindesubstanz bestehenden Scheide umschlossen sind, deren Natur als Bindegewebe sich aus den Reichert'schen Beobachtungen klar darlegt. Es kann dieser Schlauch wie im Fusse der Anodonten sich wegen seiner Festigkeit leicht darstellen lassen, oder wie in dem Schliessmuskel von Bivalven und im Hautmuskelschlauche der Nemertinen etc. nur als ein sehr hinfälliges Gebilde erscheinen.

Ferner ergiebt sich aus dem Mitgetheilten, dass die Querstreifen auch bei den sogenannten glatten Muskelfasern der niederen Thiere in derselben Form, d. h. als scheinbare Anschwellungen, wie bei den willkürlichen der höheren Thiere vorkommen. Die Querstreifen an den Muskelfasern kommen demnach bei den Evertebraten (abgesehen von den Insecten) weit häufiger vor als die meisten Beobachter annahmen. Dass endlich bei vielen Evertebraten (Insecten, Cephalopoden, Acephalen, Gasteropoden, Blutegel) in der Axe des zweiten Muskelbündels ein Hohlraum,

gefüllt mit Körnchen und kernartigen Körpern, angetroffen wird, und dass, wo dieser Hohlraum fehlt, derartige Körper auch einfach zwischen Fibrillen gelagert vorkommen (*Anodonta*). —

Schliesslich mag es noch gestattet sein, zum Vergleich auf die bestehenden Ansichten über den Bau des primitiven Muskelbündels näher einzugehen.

An der willkürlichen Muskelfaser höherer Thiere lassen sich ausser den Muskelkörperchen die Scheide und die contractile Substanz nachweisen.

Das Verhältniss der Scheide oder des Sarcolemms zu der von ihr umschlossenen contractilen Muskelsubstanz ist sehr verschieden aufgefasst worden. Im Wesentlichen sind es zwei Anschauungen, die einen, — und dies ist die kleinere Zahl der Beobachter, — bekennen sich zu der Ansicht Reichert's, dass die Muskelscheide Bindesubstanz ist; die anderen hingegen halten das Sarcolemm für die Haut einer oder mehrerer Zellen (secundäre Zellenmembran Schwann), deren Inhalt die Muskelsubstanz selber ist.

Die letztere Behauptung beruht wiederum auf Behauptungen Remak's, welche sich auf Beobachtungen am sich entwickelnden Froscheie stützen sollen. Die auf Taf. XI. Fig. 4—14. der von Remak in Folio herausgegebenen Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere abgebildeten Körper bilden die Grundlage der von ihm aufgestellten Meinung. Die dort gegebene Formenreihe soll lehren, dass das Sarcolemm die Haut einer Zelle und die von ihm umschlossene Muskelsubstanz Zelleninhalt sei.

Die Figuren beweisen für diese Anschauung gar nichts. Fig. 4—6. sind verschiedene Dotterzellen, welche aus den Urwirbeln angeblich genommen sind. Von etwas einem Muskel ähnliches ist nichts an ihnen wahrzunehmen. Fig. 7. dagegen und mit ihr die folgenden zeigen plötzlich unverkennbare Muskelsubstanz in sich. Wie Fig. 6. zu Fig. 7. wird, ist in keiner Weise weder aus den Figuren selbst noch aus dem Texte zu ersehen. Fig. 4—6. sind deutlich Dottermassen, welche, obgleich sie Kerne enthalten, doch nicht einmal die Sicherheit dem Beschauer geben, dass er es nicht mit Bruchstücken, son-

dern mit Zellen zu thun habe. Fig. 7—14. sind Bruchstücke von Muskelfasern, denen die dunkeln Dotterkörnchen des Froscheies anhaften. Die für eine Haut ausgegebene durchsichtige Masse, welche hie und da sichtbar ist, kann auch als Eiweisstropfen angesehen werden, da sich nirgends ein Anhaltpunkt für eine sichere Auffassung weder in den Figuren noch aus dem Texte ergiebt.

Aus dieser Darlegung ergiebt sich, dass die Remak'schen Figuren streng genommen nicht einmal als unversehrte Dotterzellen sicher anzusehen sind, sondern ebenso gut auch Reste zertrümmerter Dottersubstanz sein können. Dass unter solchen Umständen sie gar nicht für die Entstehung der Muskelfaser verwerthet werden können, braucht wohl nicht weiter erwähnt zu werden.

Den continuirlichen Zusammenhang der Scheide des Muskels mit dem Sehnengewebe und dem Bindegewebe unter der Krebsschale beobachtete zuerst Reichert an dem Kaumuskel des Krebses.

Weissmann, der die Sehnen in ihrem Verhältnisse zu den Muskelfasern nur bei höheren Thieren untersuchte, fand, dass schwache Kalilauge nach einer halben Stunde das Fleisch von der Sehne löste. Letztere bot auf der betreffenden Stelle eine mit vielen kleinen Gruben versehene Oberfläche dar. Hieraus folgert Weissmann, dass die Muskelfaser in gar keinem directen Zusammenhange mit der Scheide stehe. Obgleich diese Meinung durch die von Reichert und Leydig gemachten Beobachtungen widerlegt ist, so ist hier nur zu bemerken, dass der von Weissmann gemachte Versuch seine Erklärung in der leichten Löslichkeit des Muskelfleisches und in der verhältnissmässig schweren der Sehne in Kali ihren Grund hat. Die Sehne ist compact und giebt dem Reagens eine kleine Oberfläche, wogegen dieselbe Substanz gewissermassen in fein vertheiltem Zustande durch das Muskelfleisch dem Kali eine weit grössere Oberfläche darbietet. — Weissmann bildet in seiner Abhandlung in Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift 3te Reihe Bd. 15. Taf. 4. Fig. 2. die Sehne eines Insectenmuskels als etwas von letzterem gesondertes ab. In der angezogenen Figur

aber gleichen die in dem structurlosen Schlauche sichtbaren zellenartigen Körperchen genau denen, welche als der daran befindlichen Sehne gehörig, abgebildet werden. Letztere aber stellt — nach Weissmann — ein ganz anderes Gewebe vor wie der Inhalt des Schlauches, dessen muskulöse Natur nur auf der Versicherung des Autors beruht, dass es eine Muskelfaser ist. Zieht man diese in Zweifel, so ist beides Bindegewebe, oder beides Muskel, oder auch keins von beiden.

Für den Uebergang der Muskelscheide in die chitinisirte Sehne liefern die Schenkelmuskeln verschiedener Spinnen ein sehr schönes Object. Beim Spalten des Oberschenkels erhält man einen Chitinstreifen, dessen oberem Theile die Muskelfasern wie Blüthen einer Afterdolde ansitzen. Jede einzelne Muskelfaser endet abgerundet in der Scheide, deren Uebergang in die Chitinsehne so allmälig stattfindet, dass man keine bestimmte Linie angeben kann, wo beide sich scheiden. Bei günstiger Lage der Muskelfasern kann man auch bemerken, dass sie nicht gerade der Sehne aufgepflanzt sind, sondern wie bei vielen grossen Muskeln höherer Thiere einen Winkel mit der zu ihnen gehörigen Sehne bilden. (Fig. 17, 18. Taf. V.)

Aus dem Mitgetheilten ergiebt sich, dass die Anschauung, das Sarcolemm sei eine Zellenmembran, in keinerlei Weise durch eine Beobachtung bis jetzt auch nur im mindesten begründet ist. Im Gegentheil liegt in der Beobachtung Reichert's, dass das Sarcolemm der Muskelfasern des Kaumuskels von *Astacus fluviatilis* in unmittelbarer Verbindung mit dem Bindegewebe an der Schale steht, so dass ohne irgend eine Veränderung in der Form beides in einander übergeht, der allen heutigen Anforderungen genügende Beweis für die Bindegewebe-Natur der Muskelfaserscheide vor.

Was die contractile Substanz betrifft, so ist Reichert auch bis jetzt der erste und einzige gewesen, der die zum nähern Verständniss derselben durchaus nothwendige, frühzeitigste Form kennen lehrte. Seine Beobachtungen sind in der v. Holst-schen Dissertation niedergelegt.

Er fand in ungefähr 5 Tage hindurch bebrüteten Hühnereiern in den Wirbelplatten kleine glänzende Körperchen von

Spindelform. Die kernartige Natur der in der Mitte des Körperchens befindlichen Anschwellung blieb zweifelhaft. Er bemerkte, dass diese Körperchen in etwas älteren Embryonen an Zahl zugenommen hatten und Stäbchen von verschiedener Dicke geworden waren, deren Enden sich in Fasern zersplitterten. Beim weiteren Verfolgen dieser Gebilde während des Embryolebens sah er dieselben immer wieder, nur waren sie um so länger, je weiter der Embryo in der Entwickelung vorgeschritten.

Mit der Verlängerung trat auch bald eine feine Querstreifung auf, welche die immer länger werdende Faser schliesslich ganz bedeckte. —

Man kann durch Abzählen der Wirbelplatten vom Kopfe herab die Beobachtungen immer an derselben Stelle bei den verschiedenen Embryonen wiederholen. Die schon bei schwächeren Vergrösserungen auffällige, scheinbar strahlige Anordnung dieser Fäden um die Wirbelplatte herum ist schon bemerkbar, wenn die Fasern noch glatte kurze Stäbchen sind.

Durch diese Umstände sowohl, als auch durch das schon früher nur den Muskelfasern zukommende eigenthümliche Glänzen nach Druck ist der genetische Zusammenhang dieser Gebilde unter einander bewiesen. Alle anderen Gebilde, welche um diese Körperchen herum sichtbar sind, brechen das Licht auffällig schwächer.

Isolirt man eine solche Spindel oder ein Stäbchen, so haften ihnen wohl hin und wieder Zellen aus der Umgebung an, doch liessen sich bisher an ganz vereinzelten derselben die Attribute der Zelle nicht unterscheiden.

Wie man das eigenthümliche Zerfahren der Stäbchen an ihrem Ende erklären soll, ob durch die Spaltbarkeit der Muskelsubstanz der Länge nach oder durch vorhergegangene Aneinanderlagerung präformirter Fibrillen, darüber fehlen noch Beobachtungen[1]).

1) Diejenigen, welche das spindelförmige Körperchen gern für eine durch ihren Inhalt ganz ausgefüllte Zelle halten wollen, könnten sich auf die von Brücke entdeckten zellenartigen Körperchen in der Haut der Cephalopoden berufen, welche eng an einander liegende ellipsoide

Dies waren die Ergebnisse von Untersuchungen, die sämmtlich mittelst des Druckes angestellt wurden, welchen ein dünnes Deckglas durch seine eigene Schwere auf das Präparat ausübte. Dieser Druck erzeugte das Glänzen der spindelförmigen Körper und der aus ihnen gewordenen Stäbchen oder quergestreiften Fasern. Je widerstandsfähiger der früher so überaus weiche Embryo wurde, um so blasser und durchsichtiger blieben bei derselben Behandlung die Fasern, deren jetzt dichte und deutliche Querstreifung sie als Muskelfasern erkennen liess. Um sie zum Glänzen zu bringen, genügte ein Druck mit der Nadel auf das Deckglas.

Aus diesen Beobachtungen geht unzweifelhaft hervor, dass die Scheiben Bowman's sich während der Entwickelung der Muskelfaser nicht vorfinden. Bowman selbst giebt an, dass er die Platten nur durch Maceration erhielt.

Was die Platten für den frischen Muskel für eine Bedeutung haben, geht allein aus Bowman's eigener Bemerkung hinreichend hervor. Noch deutlicher haben die Reiser'schen Untersuchungen in der Fassung, wie sie von Henle (Henle's Jahresbericht von 1859 S. 49) gegeben wurden, die Ursache des Zerfallens der Muskelfaser in quere Abschnitte klar gemacht; sie liegen in der durch angewendete Agentien erzeugten Brüchigkeit der contractilen Substanz. Zudem ist es bekannt, dass an frischen Muskeln Fibrillen aus den abgerissenen Enden derselben hervorragen, während noch Niemand einen möglichst frischen Muskel in Platten hat zerlegen können.

Durch die Weber'schen Untersuchungen ist es allgemein bekannt, dass ein frischer Muskel während der mikroskopischen Untersuchung sich trübt. Die Grenze dieser Trübung

---

Plättchen enthalten. Wären diese zellenartigen Körperchen wirkliche Zellen, so gäben sie ein Beispiel für das Zerfallen des Zelleninhalts in Platten. Diesen Fall könnte man auf das spindelförmige Körperchen anwenden. Doch wäre vorher nachzuweisen, dass die jene Platten umschliessende Haut nicht Bindegewebe, sondern wirkliche Zellenhaut wäre und der von ihr umschlossene kernartige Körper mit ihr in genetischem Zusammenhang stünde.

schreitet, sich scharf gegen den durchsichtigen Theil des Muskels absetzend, allmälig vor, bis sie sich über den ganzen Muskel ausgebreitet hat.

Ist dieser Zustand eingetreten, so wird der Muskel brüchig. Diese Eigenthümlichkeit wird noch bedeutend erhöht, wenn man das Präparat mit starkem Weingeist behandelt.

Margo hat in seiner Schrift: „Neue Untersuchungen über Entwickelung, Wachsthum und Neubildung der Muskeln" etc. Beobachtungen mitgetheilt, welche eine ganz neue Ansicht von der Bildung und dem Wachsthum der Muskeln aufstellen. Er glaubt gefunden und bewiesen zu haben, dass alle Muskelfasern aus s. g. Sarcoplasten, worunter er spindelförmige, mit einem Kerne und mit Querstreifen versehene Körper versteht, entstehen, welche anfangs runde Zellen sind, dann spindelförmig werden, in diesem Zustande sich schief an einander legen und auf diese Weise schliesslich Muskelfasern erzeugen.

Betrachtet man die Abbildungen, welche Margo von den Sarcoplasten giebt, so ist man kaum einen Augenblick über den Ursprung dieser Körperchen in Zweifel. Liest man, wie er die Muskeln, ehe er sie untersuchte, behandelte, so erhält man darüber die völlige Gewissheit. Margo hat nämlich die Thiere, deren Muskeln er untersuchte, sämmtlich frisch in starken Weingeist gelegt und sie mehrere Tage darin liegen lassen. So konnte er durch das Zerreissen und Zerzupfen nur Bruchstücke von Muskelfasern erhalten.

Dasselbe Verfahren wandte er auch bei den Embryonen an. S. 17 seiner Abhandlung giebt er von dem ersten Erscheinen der Muskelfasern nur sehr unzureichende Nachrichten, welche so gut wie gar keine sind. Er redet bei Embryonen, welche unter 6 Tage alt sind, von „mehr runden abgeplatteten Bändern oder Bündeln von gestreifter Bindesubstanz, die sich durch Vermehrung ihrer ovalen matt conturirten Kerne zu verlängern scheinen". Diese Bänder und Bündel werden ohne weitere Gründe von Margo für Sarcolemma erklärt, während sich unabweislich die von Margo in keiner Weise berücksichtigte Meinung aufdrängt, dass dies nur durch den starken Alcohol erzeugte Gerinnsel von Eiweisskörpern sind. Dann sieht

Margo längs dieser Bündel, deren höchst zweifelhafte Natur eben bezeichnet wurde, „zellenartige Körper mit deutlichem Kerne und lichtem Nucleolus, deren Inhalt anfangs homogen oder fein granulirt, später quer gestreift und stark lichtbrechend erscheint. Es sind dies wohl nichts Anderes als Sarcoplasten!“

Diese Angaben sind genügend, um das oben ausgesprochene Urtheil zu rechtfertigen. Wer je einen Embryo (vom 1sten bis 6ten Tage) näher angesehen hat, der wird wissen, welche Schwierigkeiten es hat, sich in den ungeheuern Massen von Zellen, deren Umgrenzung kaum sichtbar ist, einigermassen zurecht zu finden. Die grosse Weichheit der Gebilde, welche der relativ rohen Behandlungsweise bei der Beobachtung gar keinen Widerstand entgegensetzt, bringt gar nicht zu übersehende Veränderungen in dem zu beobachtenden Gegenstand hervor. So ist denn wohl der Wunsch gerechtfertigt, die Gründe zu erfahren, warum diese oder jene Zellen auch das sind, wofür sie ausgegeben werden. In der ganzen Margo'schen Arbeit ist auf diese wichtigen Umstände auch nicht die geringste Rücksicht genommen worden.

Die Hauptsache, um welche es sich in der Margo'schen Arbeit dreht, wird S. 11 folgendermassen begründet.

„Dass es nun diese Zellen sind, welche als frühere Entwickelungsstufen der oben beschriebenen Sarcoplasten betrachtet werden müssen, dafür glaube ich mehrere Gründe anführen zu können. Erstens finden sich diese Zellen in der Nähe der fertigen oder in der Entwickelung begriffenen Muskelfasern meist in dem sie umgebenden Blastem oder den Muskelfasern anliegend (!!). Anderntheils können sie weder Anlagen oder Bildungszellen von Gefässen noch von Nerven sein, da diese sich auf ganz andere Weise bilden. Es bleibt uns also nichts anderes übrig, als dieselben für die ersten Anlagen der Muskelfasern zu halten. Die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme wird aber zur vollen Gewissheit durch den eigenthümlichen Verlauf der Metamorphose dieser Zellen, den ich so glücklich war durch directe Beobachtung zu bestätigen, und der über ihre

nächsten Beziehungen zu den Sarcoplasten keinen Zweifel aufkommen lässt."

Die „directe Beobachtung", welche keinen Zweifel mehr über die nächsten Beziehungen der runden Zellen (deren Abbildung aber schwere gerechtfertigte Zweifel gegen ihre Zellennatur aufkommen lässt) zu den Sarcoplasten übrig lassen soll, ist wörtlich S. 12 folgendermassen angegeben:

„Betrachtet man nämlich die grösseren dieser Zellen bei 360- oder 562maliger Vergrösserung, so bemerkt man auf der inneren Wand derselben eine das Licht stark brechende, durch doppelt-chromsaures Kali gelb sich färbende Substanz von verschiedener Dicke abgelagert, welche in den meisten grösseren Zellen deutliche Querstreifung zeigt. Diese Ablagerung scheint nicht gleichförmig um die ganze Wandung herum sich zu erstrecken, sondern erscheint meist grösser auf der einen Hälfte oder auf zwei Drittel der Wandung. Nicht selten gelang es mir alle diese Uebergänge an einem und demselben Präparate zu beobachten, so dass ich mit einem Blick sowohl die kleinen runden kernhaltigen Zellen wie auch die grösseren Mutterzellen mit ihrer jungen Zellenbrut und an ihren Wandungen die quergestreifte lichtbrechende Substanz deutlich übersehen konnte."

Wo ist nun die directe Beobachtung, welche die Wahrscheinlichkeit, dass die runden Zellen zu den Sarcoplasten gehören, zur Gewissheit erhebt? Der letzte Satz, der die directe Beobachtung jedenfalls enthalten soll, ist keine directe Beobachtung, sondern die von Margo für wahrscheinlich erklärte Behauptung noch einmal wiederholt, nur mit dem einen Unterschiede, dass die Wahrscheinlichkeit der Margo'schen Annahme ihre Begründung in Präparaten fand, welche auf mehreren Objectträgern sich verstreut fanden, während dieselben Dinge auf Einem Objectträger für Margo ein Beweis für seine Annahme wurden.

Die Querstreifen sind von den Beobachtern als auf mehrfache Art entstanden angesehen worden. Einige sehen in ihnen Falten, denen ähnlich, welche auf organischen Muskelfasern, die in Salpetersäure macerirt wurden, entstehen: an-

dere meinen, es seien die Querstreifen keine Falten, sondern Anschwellungen der Fibrillenmasse, welche mit dünneren Stellen regelmässig abwechseln.

Keine der beiden Parteien besitzt Einsicht in die Entstehung der Querstreifen, da von keiner Seite bis jetzt Beobachtungen darüber haben gemacht werden können.

Untersucht man die Thoraxmuskeln eines Insectes, so scheinen die Querstreifen in der That als einseitige, leistenartig queraufsitzende Verdickungen. Untersucht man die Muskelfasern eines Krebsmuskels oder irgend eines höheren Thieres, dessen Fibrillen nicht zu fein sind, so erscheinen die Querstreifen als Anschwellungen des ganzen Umfanges der Faser. Es glückt aber weder in den einseitig aufsitzenden noch in den peripherischen Anschwellungen einen hohlen Raum nachzuweisen, der den Ausdruck Falte rechtfertigte. Nichts desto weniger kann man die Möglichkeit des Vorhandenseins eines solchen nicht leugnen.

Vergleicht man das, was mit Sicherheit über den Bau des quergestreiften Muskelbündels ausgesagt werden kann, mit dem oben Mitgetheilten über den Bau der Muskelfasern bei den Evertebraten, so ergiebt sich, dass die letzteren mit Rücksicht auf die primitive Scheide und auf die fibrilläre Beschaffenheit des contractilen Inhaltes, ja selbst mit Beziehung auf die Muskelkörperchen und die körnige Axensubstanz im Wesentlichen übereinstimmen, und dass als einziger Unterschied das jeweilige Fehlen der Querstreifen an ihnen bezeichnet werden kann.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. IV. Fig 1. Muskelfasern aus dem Hautmuskelschlauche der von Dr. Baur aus Triest gesandten Nemertine. Die mittlere Faser zeigt an ihrem Ende eine Umbiegung, welche eine Anschwellung in der Verkürzung erscheinen lässt. Die körnige feine, die Fasern begleitende Masse ist Gerinnsel oder vielleicht auch Bindesubstanz 350mal vergr. Essigsäure machte die Fasern nur durchsichtiger.

Fig. 2. Querschnitt der Fasern vom getrockneten Thiere mit Essigsäure behandelt.

Fig. 3. Dasselbe stärker vergrössert (1/8 Obj. von A. Ross.)

Fig. 4. Frische Muskelfasern aus dem Fusse von *Anodonta*. Man sieht eine feine Längsstreifung und die Kerne in verschiedenen Zuständen nebst den centralen Körnchenreihen. In diesem Zustande sind die Scheiden an den Fasern nicht wahrzunehmen. 350/1.

Fig. 5. Querschnitt vom getrockneten Schliessmuskel mit Essigsäure behandelt. 350/1.

Fig. 6. Ein Theil davon stärker vergrössert (1/8 Ross). Die sichtbaren Punkte sind vielleicht die Berührungsstellen der cylindrischen Fibrillen.

Fig. 7. Muskelbündel mit Querstreifen aus dem Schliessmuskel einer *Lima* aus Triest. Die Bündel sind glatt. 350/1.

Fig. 8. Ein Primitivmuskelbündel von *Aulostoma nigrescens* mit Salpetersäure vereinzelt. Man sieht deutlich die feine Längsstreifung.

Fig. 9. Ein in Fibrillen sich auflösendes Primitivmuskelbündel von *Aulostoma nigrescens*. 350/1.

Fig. 9 a. Eine einzelne Fibrille stärker vergrössert (1/8 Ross). Man sieht die feine Querstreifung auf derselben.

Fig. 10. u. 11. Querschnitte von Muskelprimitivbündeln von *Aulostoma nigrescens*. Fig. 10. mit Strahlen, Fig. 11. ohne Strahlen. 350/1.

Fig. 12. Frische Muskelprimitivbündel ebendaher, im Schleim untersucht. Eins mit quergekräuselter Scheide. 350/1.

Taf. V. Fig. 13. Querschnitt eines Muskelprimitivbündels von *Ascaris lumbricoides* wie alle vorhergehenden getrocknet mit Essigsäure behandelt. 350/1.

NB. Es ist bei Fig. 10, 13 zu bemerken, dass die Strahlen sämmtlich nicht glatte, sondern mehr oder minder durch sehr feine Querlinien unterbrochene Streifen sind, ein Umstand, den zu beobachten bei feinen Schnitten allein möglich ist. Wenn diese Strahlen durch das Herauftreten der Seitenwände auf die Querschnittsfläche in allen Fällen entstanden sind, so würde die Unterbrechung der Streifen vielleicht die Querstreifung der Muskelfibrillen darstellen.

Fig. 14. Frisches in Fasern zerfallendes Primitivmuskelbündel von *Arion empiricorum*. 350/1.

Fig. 15. Querschnitt der Muskeln ebendaher, getrocknet mit Essigsäure behandelt. 350/1.

Fig. 16. Ebendasselbe mit 1/8 Ross betrachtet.

NB. Die Marksubstanz ist in geringerem Maasse vorhanden als bei den Muskeln von *Aulostoma nigrescens*.

Fig. 17. Oberschenkelmuskel einer Spinne schwach vergr.

Fig. 18. Ein einzelnes Primitivmuskelbündel mit seiner Chitin-

sehne. $^{350}/_{1}$. Die braune Chitinsehne setzte sich direct in die Muskelprimitivbündelscheide fort.

Fig. 19. Einzelne Muskelfasern aus dem Thorax von *Dytiscus latissimus*. $^{350}/_{1}$.

Fig. 20. Dasselbe mit $^{1}/_{8}$ Ross betrachtet. Die Querstreifen erscheinen wie einseitig aufsitzende Leisten, von über die Faser fortgehenden Längsstreifen leicht gekerbt. Bei a. Spaltung der Faser in Fibrillen.

Fig. 21. Getrockneter, mit Essigsäure behandelter Thoraxmuskel Querschnitt. $^{350}/_{1}$.

Fig. 22. Derselbe mit $^{1}/_{8}$ Ross betrachtet.

NB. Man bemerkt, wie in Fig. 3. Taf. IV., zuweilen unvollständige feine Scheidewände, welche in das Muskelbündel eindringen, ohne die andere Seite der Muskelprimitivscheide zu erreichen.

Fig. 23. Frische organische Muskelfasern aus dem Kaninchenmagen. $^{350}/_{1}$. Man sieht eine sehr feine Längsstreifung und starke Querstreifung.

Fig. 24. Organische Muskelfaser mit Salpetersäure vereinzelt. $^{1}/_{8}$ Ross. Das eine Ende der deutlich längsgestreiften Faser zeigt ein Zerfallen in Fibrillen. Die feine Querstreifung dicht dabei rührt vielleicht von einer Scheide her, welche indess allein darzustellen bis jetzt noch nicht gelang.

Fig. 25. Organische Muskelfasern mit Salpetersäure behandelt. $^{350}/_{1}$.

a. Eine organische Muskelfaser mit Anschwellungen, denen in Fig. 1. Taf. IV. ähnlich.

b. und c. Organische Muskelfasern mit sehr feinen Querstreifen, welche den Rand der Faser sägeförmig machten und dem Anscheine nach von einer Scheide wie in Fig. 24. herrühren.

d. Eine stark quergefaltete organische Muskelfaser.

Bemerkungen über den histologischen Bau des Centralnervensystems der Süsswassermollusken.

Von

Dr. Reinhold Buchholz.

Hierzu Taf. VI.

I. Untersuchung der Theile im frischen Zustande.

Gerade mit Untersuchungen über die histologische Structur des Centralnervensystems der Mollusken beschäftigt, welchen ich bereits seit dem verflossenen Herbst einen grossen Theil meiner Zeit gewidmet hatte, erhielt ich kürzlich durch Herrn Prof. v. Wittich „Georg Walter's mikroskopische Studien“ [1]) über denselben Gegenstand; und es veranlasst mich dieses um so eher, meine Beobachtungen zu einem gewissen vorläufigen Abschlusse zu bringen, als einerseits das mir zu Gebote stehende Material baldigst auszugehen drohte, und ich es andrerseits für wünschenswerth erachtete, in kürzester Zeit meinen Antheil zur Schlichtung der hier sich darbietenden Fragen zu liefern und meine Ergebnisse der Prüfung und Beurtheilung erfahrnerer Forscher vorzulegen.

Man wird in dem Nachstehenden manche Bestätigung wichtiger von Walter gemachter Angaben sehen, welche, wie ich glaube, bei derartigen schwierigen Untersuchungen stets von Belang erscheinen dürften, zumal wir gleichzeitig und unabhängig von einander gearbeitet haben, andrerseits aber, wo wir

1) Georg Walter: Mikroskopische Studien über das Centralnervensystem wirbelloser Thiere. Bonn 1863 4to.

in wichtigeren Puncten auseinandergehen, es meinen ausgesprochenen Zweifeln oder gegentheiligen Behauptungen, wie ich wohl hoffen darf, wohl ansehen, dass sie auf sorgfältige und nicht mühelose eigene Durchforschung des Gegenstandes begründet sind.

Ich hatte mir für die Verfolgung meiner Untersuchungen den Plan entworfen, zunächst mir über die Natur und die feieren histologischen Formverhältnisse der Ganglienzellen, sowie über die Art und Weise ihrer Verbindung mit den elementaren Gebilden der peripheren Nervenstämme, eine möglichst klare Einsicht zu verschaffen, um alsdann, zurückkehrend zu der Erforschung des Centralnervensystems als eines zusammengehörigen Ganzen, die relative Gruppirung der einzelnen Elemente, sowie die mikroskopische Analyse der dasselbe zusammensetzenden Gewebe im Grossen und Ganzen, und schliesslich auch, falls es thunlich wäre, des muthmasslichen Faserverlaufes zum Gegenstande weiterer Studien zu machen.

Es ist dieses freilich nicht der Weg, welchen die systematisch anatomische Erforschung eines Organes in der Regel zu gehen pflegt, doch mag derselbe durch die ganz eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche die Natur der hier in Frage stehenden Gewebe der Untersuchung darbietet, wohl einigermassen gerechtfertigt erscheinen. Wenn man die in jedem Jahre sich anhäufenden Arbeiten über das Centralnervensystem der höheren Thiere vergleicht und fast überall die grösten Meinungsverschiedenheiten über die wichtigsten Fragen bestehen sieht, so kann man sich des Gedankens kaum erwehren, dass unsere Kenntnisse hier deswegen so langsam fortschreiten, weil man stets das Ganze zu erforschen strebt, ohne von den einzelnen Theilen irgendwie befriedigende Kenntnisse zu haben.

Nur wenige Schritte habe ich zwar, wie man finden wird, auf dem angedeuteten Wege erst gethan, doch, glaube ich, dürfte selbst dieses bereits zur Entscheidung über manche, auf diesem Gebiete sich jetzt geltend machenden Controversen von Belang erscheinen. Da ich bisher nur über die morphologischen Verhältnisse der Ganglienzellen selber und ihren Zu-

sammenhang mit den Nervenfasern ausreichende Beobachtungen besitze, so kann ich selbstverständlich auf die von Walter gemachten Angaben über allgemeinere Verhältnisse nur wenig eingehen, und muss dieses gänzlich der Zukunft überlassen.

Ich habe meine Beobachtungen hauptsächlich an Süsswassermollusken, und zwar vorzugsweise an *Limnaeus stagnalis* und *Planorbis corneus* gemacht, welche sich wohl, wie bereits Helmholtz bemerkte, vorzugsweise dazu eignen und mir überdies während des Winters fast allein zu Gebote standen.

Betrachten wir zunächst, um uns auf diesem Gebiete vorläufig zu orientiren, eine derartige gangliöse Anschwellung im Ganzen, in diluirter Zuckerlösung oder im Blute des Thieres bei schwacher Vergrösserung, so gewahren wir unmittelbar innerhalb der bindegewebigen sehr derben Umhüllung derselben, welche auf die Nervenstämme in unmittelbarem Zusammenhange sich fortsetzt, zunächst eine periphere Zone von grossen und zum Theil ganz colossalen Ganglienkörpern, welche mit ihrem äusseren Ende unmittelbar die bindegewebige Umhüllung berühren und so dicht gelagert sind, dass sie unmittelbar aneinanderstossen oder zum Theil sich selbst gegenseitig verdecken. Mehr nach der Mitte des Ganzen hin finden sich grosse Mengen kleinerer zelliger Elemente, deren Umrisse schon weniger klar hervortreten, die Mitte selbst wird von einem undeutlich granulösen Wesen eingenommen, in welches man den längsgestreiften Inhalt der eintretenden Nervenstämme, nachdem er die peripheren Schichten durchsetzt hat, undeutlich sich verlieren sieht. Das ganze Ganglion, mag es nun von *Limnaeus* oder von *Planorbis* herrühren, zeigt eine beträchtliche braunrothe Pigmentirung, von welcher wir schon jetzt erkennen können, dass sie vorzugsweise in den Ganglienkörpern selbst ihren Sitz hat, deren Conturen dadurch ziemlich scharf hervortreten.

Um nun weiter zu gelangen, können wir überhaupt drei Wege einschlagen. Entweder wir bleiben bei der Erforschung des Ganzen stehen, indem wir durch alle zu Gebote stehenden Mittel die einzelnen Theile deutlicher hervortreten lassen

und auf diese Weise etwas Näheres über ihr weiteres Verhalten zu erfahren suchen. Dieser Weg, welcher von allen denjenigen Beobachtern verfolgt worden ist, welche den muthmasslichen Faserverlauf bei wirbellosen Thieren zu erforschen strebten, könnte jedoch, gerade bei den von uns ausgewählten Thieren, kaum über etwas Anderes als über die allerallgemeinsten Verhältnisse uns sichere Auskunft gewähren, weil eine so dichte Aneinanderlagerung derartiger grosser Ganglienkörper zuviel von dem zwischen und unter ihnen befindlichen Gewebe verdeckt und unkenntlich macht.

Ein zweites Verfahren könnte darin bestehen, durch Herstellung von Durchschnitten einen Theil des gegenseitig sich Verdeckenden zu entfernen, um auf diese Weise Näheres über die einzelnen Elemente zu erfahren. Diese Methode, welche gewiss zu ganz schätzbaren Aufschlüssen über die gegenseitige Anordnung der Theile in den einzelnen Abschnitten des Centralnervensystems führen könnte, ist bis jetzt fast noch gar nicht für die wirbellosen Thiere in Anwendung gebracht worden. Erst in der letzten Zeit ist durch Owsjannikow[1]) der Versuch gemacht worden, sie zur Erforschung der Nervencentren von *Astacus* zu verwerthen. Indessen erfordert diese Methode hier, glaube ich, wohl noch eine viel grössere Vorsicht in der Deutung der durch sie gewonnenen Resultate, als wenn man sie auf das Centralnervensystem der Wirbelthiere anwendet, und kann man, wenn man, wie es Owsjannikow zu sein scheint, allzu geneigt ist, die dort gewonnenen ohnehin ziemlich unsicheren Erkenntnisse ohne Weiteres auch auf die Wirbellosen zu übertragen, leicht grosse Missgriffe thun. Für unseren besonderen, nächstliegenden Zweck kann jedoch diese Methode, wie nicht weiter erörtert zu werden braucht, vorläufig nicht verwendet werden.

Schreiten wir demnach sogleich auf dem dritten, allein noch übrig bleibenden Wege weiter vor. Es stellt sich uns die Aufgabe, den Inhalt der Nervencentren aus seiner derben Umhül-

1) Owsjannikow: Recherches sur la structure intime du système nerveux des Crustacés. Annales des sc. natur. 1861 p. 129.

lung zu befreien und durch geeignete Mittel die einzelnen Elemente möglichst vollkommen von einander zu trennen. Wir gehen daher sogleich an die Isolation der Theile im frischen, unmittelbar dem lebenden Thiere entnommenen Zustande. Es kann freilich eine derartige Untersuchung, wie wir es in kurzem kennen lernen werden, uns über die natürliche Form der Ganglienkörper nur die alterdürftigsten Resultate, und über ihre Verbindung mit den Nervenfasern so gut wie gar nichts ergeben, indessen liefert sie doch über die innere elementare Zusammensetzung der fraglichen Theile so wesentliche Ergebnisse und ist für die schliessliche Beurtheilung der später zu gewinnenden allgemeinen Anschauungen so unerlässlich, dass sie schon deswegen den nachfolgenden Untersuchungen nothwendigerweise an die Spitze gestellt werden musste. Und wenngleich die Betrachtung der im frischen Zustande isolirten Elemente, seit Hannover und Ehrenberg, eigentlich von keinem Beobachter verabsäumt worden ist, so mag doch der Umstand, dass es noch weit entfernt ist, dass selbst hinsichtlich der allgemeinsten Fragen völlige Uebereinstimmung herrschte, die Mittheilung der nachfolgenden, ursprünglich freilich nur zu eigener Belehrung angestellten Beobachtungen rechtfertigen.

Haben wir zunächst die ziemlich resistente, das Ganze umhüllende Bindegewebsscheide zerrissen, was immerhin nicht ohne einige Quetschung des ziemlich weichen Inhaltes zu bewerkstelligen ist, und denselben möglichst in Humor vitreus auseinander gebreitet, so bieten sich Bilder dar, denen es selbst eine oberflächliche Betrachtung schon ansieht, dass hier die isolirenden Instrumente grosse Zerstörungen bewirkt haben. Zunächst gewahrt man grössere, zusammenhängende Massen von Ganglienzellen. Sie sind eingebettet in eine gleichartige, granulöse Masse, welche theils aus den zerflossenen Inhaltsmassen zerstörter Ganglienkörper besteht, die hier und da noch als zerstreute zähe Tropfen sichtbar erscheinen, theils aus dem übrigen, zwischen den Ganglienkörpern vorhanden gewesenen Gewebe, welches gleichfalls in eine diffuse, völlig unterschiedslose Masse verwandelt worden ist.

Regellos zerstreut zeigt sich in diesen Massen das rostrothe

Pigment, von dem wir bereits erfahren haben, dass es zum grössten Theile aus den zerstörten Zellkörpern herrührt. In manchen Fällen bilden die Ganglienkörper auch hier noch eine derartige peripherische Umgrenzung solcher Massen, wie es schon bei der Betrachtung des ganzen Ganglion auffiel.

Richten wir unsere Aufmerksamkeit zunächst auf die Kerne der Ganglienzellen, welche wir in grosser Menge, bald vollkommen isolirt, bald mit mehr oder weniger vollständigen Zellenresten bedeckt antreffen. Da dieselben bei dieser Behandlungsweise des Objectes vollkommen erhalten bleiben, so können dieselben bereits jetzt nach allen Seiten hin untersucht werden, und lässt sich Alles, was sich an ihnen ermitteln lässt, sofort hier mittheilen.

Betrachten wir demnächst die allgemeinen Verhältnisse, so fallen zunächst die ausserordentlichen Grössendifferenzen derselben ins Auge, und es lässt sich aus demjenigen, was man vor sich sieht, sehr bald die Ueberzeugung gewinnen, dass die absolute Grösse der Kerne in einem ganz bestimmten Verhältniss zu derjenigen der Ganglienzellen steht, so dass einer grösseren Zelle auch in allen Fällen ein grösserer Kern entspricht, eine Ueberzeugung, welche durch die spätere Untersuchung wesentlich bestätigt wird. Lieberkühn[1]), dem wir eingehendere Untersuchungen über die Ganglienzellen der Frösche verdanken, hat dieses Verhältniss zwischen Zelle und Kern dort nicht derartig gefunden, sieht sich vielmehr genöthigt auszusprechen, dass zwischen der Grösse der Ganglienzelle und des Kernes keine bestimmte Relation bestehe. Indessen glaube ich für *Limnaeus* und *Planorbis* dieses Verhalten durchaus als die Regel aufstellen zu müssen, und sind mir merkliche Ausnahmen von derselben niemals vorgekommen. Hinsichtlich absoluter Grössenangaben verweise ich auf die unten gegebene kleine Tabelle, sowie auf die dem Schlusse dieser Abhandlung beizufügenden Angaben.

Was demnächst die Form betrifft, so ist die Kugelform

---

1) Lieberkühn: De gangliorum structura penitiore. Diss. inaug. Berol. 1849.

durchaus als die regelmässige zu bezeichnen. Indessen finden wir namentlich an den ganz grossen Kernen nicht selten Abweichungen, welche ich Anfangs in allen Fällen für Kunstproducte halten zu müssen glaubte, was mir indessen jetzt, nachdem mir eine grössere Anzahl derartiger Fälle vorkamen, nicht mehr als eine völlig genügende Erklärung erscheint. Man trifft nämlich unter den Kernen von grösserem Umfange nicht gerade selten derartige an, welche statt der gewöhnlichen, kugelrunden Form eine stark nierenförmige Gestalt besitzen, indem sie in der Mitte mehr oder weniger tief eingeschnürt erscheinen. Nun ist es freilich bei so grossen Objecten leicht denkbar, dass sie bei der Isolation von der Nadel direct getroffen und mechanisch eine derartige Anomalie an denselben hervorgebracht werden könnte. Allein wir begegneten später derartig stark eingeschnürten Formen auch sehr häufig an völlig unversehrt erhaltenen Zellen, und zwar nicht allein nach Chromsäureanwendung, sondern selbst da, wo kein erhärtendes Mittel bei der Isolation angewendet worden war (vergl. Fig. 6); und es ist mir dadurch sehr unwahrscheinlich geworden, dass derartige Formen stets als Kunstproducte anzusehen seien. Es ist nun aber diese eingeschnürte Form grosser Kerne besonders darum hervorzuheben, weil man dadurch mitunter in die Lage kommt zu glauben eine Zelle mit zwei grossen Kernen vor sich zu haben. Denn wenn die Einschnürung sehr stark ist und ausserdem noch eine Faltenbildung zwischen den beiden Einschnürungsstellen herüberläuft, so kann die Täuschung so stark werden, dass nur die genaueste Prüfung dieselbe erkennen lässt. Ich füge daher hier gleich hinzu, dass mir eine Ganglienzelle mit zwei Kernen niemals vorgekommen ist, und stets, wenn auf den ersten Blick ein solches Verhalten obzuwalten schien, eine genauere Prüfung den Irrthum mit Bestimmtheit erkennen liess. Ueberdies ist zu erwähnen, dass an grösseren, nach Chromsäureanwendung isolirten Zellen, der Kern häufig in der Art von der Kugelform abweicht, dass er mehr oder weniger den Umriss der Zelle selbst annimmt. Indessen ist dieses wohl dadurch bedingt, dass die Umhüllungsmasse, bei ihrem allmäligen Festwerden, der nachgiebigen Kernblase

ihre eigene Form aufdrückt, und auf die natürliche Form der Kerne darf hieraus wohl nichts geschlossen werden. Was endlich die Kerne der kleineren und kleinsten Ganglienzellen anbetrifft, so erscheinen diese unter allen Umständen regelmässig kugelrund.

Nach dieser Erörterung der allgemeinen Verhältnisse schreiten wir zur Untersuchung der feineren, inneren Structurverhältnisse der Kerngebilde. Namentlich bieten uns die grösseren Formen derselben eine willkommene Gelegenheit, etwas mehr von der inneren Natur derselben zu ermitteln. Unterwerfen wir ein derartiges Gebilde einer vorläufigen Prüfung, so erscheint dasselbe als eine kuglige Blase von recht ansehnlichem Durchmesser, woran man, dem Anscheine nach, eine membranöse Umhüllung, einen granulösen Inhalt und innerhalb des letzteren mehrere deutlich geformte Bildungen gewahrt.

Die Kernmembran anlangend, so ist diese wohl von den meisten Beobachtern als vorhanden bezeichnet worden, und man kann sich, glaube ich, von dem Vorhandensein derselben gerade bei diesen grossen Kernformen mit einer Sicherheit überzeugen, die völlige Befriedigung gewährt. Erwähnt sei hier zunächst die stets überaus scharf gezogene, äussere Begrenzungslinie derselben, sowie der Umstand, dass stets zwischen dieser äusseren Contur und dem granulösen Inhalte der Kernblase ein, wenn auch unmessbar kleiner heller Zwischenraum wahrnehmbar ist, von welchem jedoch nicht mit Sicherheit zu ermitteln, ob er einer wirklich sichtlichen Dicke der Kernmembran entspricht.

Beide Umstände würden, aus später zu erörternden Gründen, durchaus nichts beweisen, wenn der Inhalt dieser grossen Kernblasen von der umgebenden Flüssigkeit durch sein Lichtbrechungsvermögen stark abwiche; da dies indess nicht der Fall ist, so können wir sie hier als für das Dasein einer Membran sprechend erachten. Viel directer für das Dasein der Kernmembran sprechen die oftmals sehr schön sichtbaren Faltenbildungen derselben. Diese lassen sich stets sehr gut an jenen stark eingeschnürten Kernen wahrnehmen, welche wir bereits erwähnten. Stets lassen sich hier, von den eingeschnür-

ten Stellen aus, eine Anzahl von Falten erkennen, die unregelmässig über die Kernoberfläche hin verlaufen und immer in die äussere Contur der Kerne hinein zu verfolgen sind. Es ist weiter zu erwähnen, dass die Kernmembran stets noch deutlich erhalten bleibt, wenn man den gesammten geformten Inhalt der Kernblase durch unten zu erörternde chemische Mittel vollkommen zu einer klaren Flüssigkeit auflöst. Es erscheinen alsdann die Kerne als vollkommen wasserhelle, durchsichtige, immer scharf begrenzte Blasen, selbst wenn man Mittel wie Schwefelsäure in ziemlicher Concentration angewendet hat, was sogar auf eine recht beträchtliche Resistenz der Kernmembran gegen chemische Substanzen schliessen lässt. Auch noch in diesem, scheinbar völlig leeren Zustande der Kernblasen erscheinen oftmals noch sehr schöne Falten der Kernmembran, so dass hier jeder mögliche Irrthum auszuschliessen ist.

Was sich im Uebrigen über die etwaige Natur der Kernmembran ermitteln liesse, ist äusserst dürftig. Ich will hier nur anführen, dass sie sich durch Jod mit Bestimmtheit gelb färben lässt. Man muss jedoch, um diesen Versuch anzustellen, mit grosser Vorsicht verfahren. Hat man den ganzen Inhalt der Kernblase völlig aufgelöst und durch sehr reichliche, lange Einwirkung von destillirtem Wasser es bewirkt, dass die innerhalb derselben befindliche Flüssigkeit sich mit der Aussenflüssigkeit ziemlich in endosmotisches Gleichgewicht gesetzt hat, mithin also nur noch Spuren von Eiweiss gelöst enthält (es erfordert dies äusserst lange Zeit), so erhält man, wenn man jetzt wässerige Jodlösung zusetzt, keine Spur eines sehr feinkörnigen braunen Niederschlages im Inneren der Kernblase mehr, dagegen eine sichtliche, gleichmässige, gelbbraune Färbung der Membran, die namentlich da, wo Faltenbildungen bestehen, sehr deutlich hervortritt.

Verlassen wir nun die Kernmembran und wenden uns zur Ermittelung des Kerninhaltes, welcher, wie wir sahen, aus einer klaren Flüssigkeit besteht, in welcher der geformte Inhalt gleichförmig suspendirt erscheint. Es besteht nun letzterer zunächst aus einer überall verbreiteten, sehr fein granulirt erscheinenden Masse, welche sich als ein Eiweisskörper in

amorph ausgeschiedenem Zustande erweist. Wir werden die Löslichkeitsverhältnisse dieses Körpers später beschreiben, da sie durchaus mit denen der Nucleoli übereinstimmen. Uebrigens ist zu bemerken, dass neben dieser, bereits im ausgeschiedenen Zustande erscheinenden Substanz noch eine gewisse Menge von Eiweisssubstanz in der Kernflüssigkeit gelöst vorhanden ist, welche sofort gefällt wird, sobald wir z. B. concentrirte Mineralsäuren auf die Kerne einwirken lassen; es entsteht alsdann sofort ein sehr dichter feinkörniger Niederschlag, welcher den Kern vollkommen trübe und undurchsichtig macht, ganz in derselben Weise, wie ein solcher Niederschlag auch in der hyalinen Grundsubstanz der Ganglienzellen hervorgebracht wird. Das dichte molekuläre Gerinnsel wird erst nach erheblicher Zeit durch die Säure wieder gelöst, indem es vom äusseren Umfange der Kernkugel aus gegen die Mitte hin allmälig durchscheinend wird und verschwindet, wobei die Kernmembran gleichfalls sehr schön zu erkennen ist.

Bestimmter hervortretend in dem Kerninhalt sind nun deutlich geformte, homogene Gebilde, welche in den kleineren Kernen nur einfach, in den grösseren Kernen dagegen stets in einer grösseren Anzahl anzutreffen sind, die Kernkörperchen. Um die Relationen dieser Nucleoli zu den Kernen klar erkennen zu lassen, habe ich die isolirten Kerne eines und desselben Individuums von *Planorbis corneus* auf ihre Nucleoli genau untersucht, und gebe davon die nachfolgende Zusammenstellung, nach der Grösse der Kerne geordnet:

Durchmesser des Nucleus in Mm.	Anzahl und Grösse der Nucleoli.
0,0053 Mm.	ein Kernkörperchen, welches als ein fast unmerkbar kleines glänzendes Pünktchen erschien.
0,011 „	1 Nucleolus von 0,0013 Mm.
0,016 „	1 „ „ 0,0026 „
0,018 „	1 „ „ 0,0026 „
0,021 „	1 „ „ 0,0026 „

Durchmesser des Nucleus in Mm.	Anzahl und Grösse der Nucleoli.
0,021 Mm.	1 Nucleolus von 0,0040 Mm.
0,032 „	3 Nucleoli „ 0,0026 „ bis 0,0013 „
0,037 „	1 grösserer von 0,0053 „ 1 kleinerer „ 0,0013 „
0,042 „	1 Nucleolus „ 0,0053 „
0,048 „	1 grösserer „ 0,010 „ 1 kleinerer „ 0,0026 „
0,053 „	1 grösserer „ 0,0053 „ 5 kleinere zwischen 0,0026 u. 0,0013 Mm.
0,054 „	1 grösserer von 0,011 Mm. einer „ 0,0053 „ daneben mehrere kleinere.
0,12 „	1 grösserer von 0,011 Mm. und etwa 20 kleinere zwischen 0,0013 bis 0,0026 Mm.
0,15 „	3 grössere Nucleoli von 0,011 Mm. und eine sehr grosse Zahl kleinerer der verschiedensten Grösse.

Ganz analoge Verhältnisse würden sich fast in jedem Präparat wiederfinden.

Man sieht also, während der Kern bis zum 30fachen des ursprünglichen Durchmessers wächst, den Nucleolus anfangs einfach an Grösse zunehmen, wobei die Nucleoli sogar das Doppelte der Grösse der kleinsten Kerne erreichen können. Bei einer gewissen Grösse der Kerne aber hört die Grössenzunahme des Nucleolus auf und es tritt anstatt dessen eine Vermehrung der Anzahl der Kernkörperchen ein, wobei neben einem oder mehreren grösseren zuletzt eine ganz beträchtliche Anzahl von kleineren (oft 20—30) Gebilden dieser Art erscheinen können. Es ist nun also, wie man sieht, das Verhalten der Kernkörperchen zu den Kernen hierin wesentlich verschieden von demjenigen der Kerne zu den Ganglienzellen, und es scheint diese Vermehrung der Nucleoli überall da ein-

zutreten, wo die Kernblasen grössere Dimensionen annehmen, wie z. B. an den Eiern der Fische und nackten Amphibien zu bemerken ist.

Uebrigens erscheinen die Kernkörperchen durchweg als völlig homogene Bildungen, in deren Inneren man nicht gar selten einen dunkleren Hohlraum (in vereinzelten Fällen selbst mehrere solcher Hohlräume) erkennen kann. Indessen dürfen dieselben darum keinesweges als Bläschen angesehen werden, sondern es scheint dieser Umstand nur dafür zu sprechen, dass wir im Inneren derselben einen, bald nur von weniger dichter Masse, bald wirklich von Flüssigkeit erfüllten Raum zu vermuthen haben; eine Vermuthung, für welche auch die Art und Weise der Zerstörung der Kernkörperchen durch auflösende Flüssigkeiten wesentlich zu sprechen scheint. Denn es erfolgt dieser Auflösungsprozess, wie man sich in allen Fällen überzeugen kann, stets von Innen nach Aussen heraus, so dass zunächst, wo ein solcher noch nicht vorhanden war, ein centraler Hohlraum entsteht, der sich immer mehr vergrössert, bis der Vorgang mit der völligen Auflösung des Nucleolus endet. Bei einem gewissen Grade der Einwirkung kann es nun hierbei leicht geschehen, dass die Kernkörperchen, wenn nur noch eine dünne Rindenschicht übrig geblieben ist, die Gestalt bläschenförmiger Bildungen annehmen; wie sie denn häufig in dieser Form erscheinen, wenn man Ganglienzellen vor sich hat, welche längere Zeit einfach in der Leibesflüssigkeit des Thieres macerirt worden sind.

Es bleibt zum Schlusse noch übrig, einige Blicke auf die Löslichkeitsverhältnisse des geformten Kerninhaltes zu werfen. Es ist dieser, wie wir sahen, bereits einfach durch Wasser aufzulösen, und zwar nicht allein die feinkörnige Substanz, sondern auch die Nucleoli. Ueberschwemmt man ein Object mit destillirtem Wasser, so ist nach etwa zehn Minuten die feinkörnige Substanz in allen Kernen gelöst und es bleiben nur die jetzt äusserst klar hervortretenden Kernkörperchen zurück. Nach längerer Zeit beginnt jedoch auch an ihnen der Auflösungsprozess in der angedeuteten Weise vor sich zu gehen, so dass nach einer Viertel- oder halben Stunde alle Kerne

völlig leer und klar sind und von den Nucleolis nicht der mindeste Ueberrest mehr vorhanden ist.

Ungemein wird nun diese Auflösung des Kerninhaltes beschleunigt, wenn man anstatt dessen freie Säuren und Alkalien, wenn auch sehr verdünnt hinzusetzt, was aus der chemischen Natur jener Gebilde leicht erklärlich ist. Aber es tritt eine solche schnelle Auflösung auch ein beim Zusatz mancher Salzlösungen, wo sie nicht gerade so erklärlich ist, wie z.B. wenn man einfach chromsaures Kali oder Kochsalzlösung anwendet. Einige Tropfen concentrirter Kochsalzlösung dem frischen, in Humor vitreus untersuchten Object hinzugefügt, genügen, um die Kernkörperchen sofort aufzulösen, und man muss schon ziemlich rasch hinsehen, wenn man nicht bereits alle Kerne als völlig helle, leere Blasen und von den Kernkörperchen keine Spur mehr finden will. Diese ungemein rasche Auflösung der Nucleoli durch Kochsalzlösung erschien mir deshalb um so auffallender, weil dieselbe in der hyalinen Grundsubstanz, anstatt sie zu lösen, sogar Trübungen verursacht.

Was im Uebrigen die Kernflüssigkeit noch für andere Substanzen gelöst enthalten mag, darüber lässt sich aus keiner sinnlich-wahrnehmbaren Erscheinung etwas erschliessen.

Wir haben bisher die Kerne nur an und für sich betrachtet, werfen wir schliesslich einige Blicke auf ihre Beziehungen zu den Ganglienzellen. Eine derselben und zwar eine nicht unwichtige haben wir bereits früher erwähnt und können hier darüber hinweggehen, es ist dies das constante Grössenverhältniss zwischen Zelle und Kern. Wir können daran noch die Bemerkung anknüpfen, dass, welches auch immer die absolute Grösse sein mag, welche die Ganglienzellen unserer Thiere erreichen mögen, stets das Kerngebilde einen sehr wesentlichen Theil des Ganzen bildet; und da mit der Vergrösserung der Kerne auch die Complication ihrer inneren Organisation eine grössere wird, so können wir wohl daraus schliessen, dass sie in den Lebensäusserungen der zugehörigen Ganglienkörper eine höchst wesentliche Rolle spielen.

Ein anderer Umstand betrifft eine allerdings nur vereinzelte Beobachtung, welche sich ganz im Anfange dieser Unterau-

chungen mir darbot und eigentlich den ersten Anstoss zu denselben gab. Ich hatte nämlich den Inhalt der Ganglienmassen eines *Limnaeus* in dilnirter Zuckerlösung isolirt und gewahrte unter den isolirten Elementen plötzlich einen Kern, der durch ein absonderliches Verhalten meine Aufmerksamkeit erregte. Das Object befand sich vollkommen frei und isolirt im Gesichtsfelde und liess über seine Deutung keine Zweifel aufkommen. Es handelte sich nämlich um einen Kern von beträchtlichem (0,10 Mm.) Durchmesser (vgl. Fig, 1.), welcher, bei sonst kugelrunder Form, an einer Seite einen sehr langen, eigenthümlichen Fortsatz trug, welcher mit seiner breiteren Basis fest mit der Kernoberfläche verbunden war. Es hatte derselbe an dieser Stelle eine Breite von 0,022 Mm. und verschmälerte sich gegen das freie Ende hin beträchtlich, indem er während seines Verlaufes einige unregelmässig erscheinende Stellen darbot, welche aussahen, als seien hier kurz abgerissene Theilungsäste vorhanden gewesen. Mir ist diese damals aufgezeichnete Notiz um so bemerkenswerther, als ich zu jener Zeit von Theilungen der Ganglienzellenfortsätze noch keine Ahnung hatte, welche später sich so regelmässig überall zeigten. Ich möchte hieraus mit Sicherheit vermuthen, dass es sich in jenem Falle um einen wirklichen, an dem Kerne anhängenden Zellenfortsatz gehandelt habe. Uebrigens zeigte der Fortsatz ein äusserst grobkörniges Ansehen, welches von dem gewöhnlichen der frisch erhaltenen Zellenfortsätze wesentlich abwich, doch glaube ich, dass dasselbe der Einwirkung der Flüssigkeit zuzuschreiben ist, in welcher jener Kern isolirt wurde. In das Innere der Kernblase hinein liess sich übrigens, wie mit Bestimmtheit sich ermitteln liess, nichts von dem Fortsatz hinein verfolgen; es erschien derselbe vielmehr der Kernoberfläche nur äusserlich aufzusitzen, welche an der Anheftungsstelle leicht eingedrückt erschien und einige von derselben aus über die Kernoberfläche verlaufende Faltenbildungen gewahren liess.

Da mir nun die bekannten Angaben Lieberkühn's und G. Wagner's über derartige Verhältnisse bei dem Anblicke jenes Objects sofort ins Gedächtniss traten, so entwarf ich die

beifolgende möglichst genaue Zeichnung desselben, mit der Hoffnung, es werde mir in der Folge möglich sein, diese Verhältnisse weiter aufzuklären. Indessen muss ich hier sogleich bemerken, dass die mitgetheilte Beobachtung der einzige derartige Fall geblieben ist, welcher mir vorgekommen, denn weder an einem der isolirten Kerne jenes Individuums, noch auch in einem der zahlreichen Fälle, in denen ich später den Inhalt der Ganglien frisch untersuchte, ist mir je wieder etwas derartiges zu Gesicht gekommen. Auch ist hinzuzufügen, dass in allen denjenigen Fällen, in denen die Ganglienzellen mit ihren Fortsätzen erhalten wurden, mochten sie nun frisch oder in einem dem Frischen beinahe gleichkommenden Zustande isolirt sein, niemals irgend etwas sich wahrnehmen liess, was auf den geringsten Zusammenhang zwischen Zellenfortsatz und Kern sich hätte beziehen lassen.

Wollte man dagegen sagen, dass einige wenige, sichere, positive Beobachtungen mehr bewiesen, als eine sehr grosse Anzahl von negativen, so glaube ich dennoch, indem ich das Ganze der von mir gemachten Erfahrungen übersehe, mich zu dieser Angelegenheit sehr zweifelhaft verhalten zu müssen. Es ist damit nicht gemeint, dass die Lieberkühn-Wagner'schen Angaben für unbegründet zu halten seien, denn ich glaube wohl, dass man keinesweges berechtigt ist, die Beobachtungen jener sorgfältigen Forscher ohne Weiteres in der Art von der Hand zu weisen, als hätte denselben nicht irgend etwas Bestimmtes wirklich zu Grunde gelegen. Dennoch aber ist wohl einiger Zweifel darüber zu äussern, ob das von jenen Beobachtern angegebene Verhalten der Fortsätze für eine wirklich wesentliche, in dem natürlichen Bau der Zelle begründete Erscheinung zu halten sei. Gänzlich unerklärlich bleibt mir endlich der im Inneren des Fortsatzes verlaufende, mit dem Nucleolus in Verbindung tretende Faden, und ich muss aus dem Späteren vorwegnehmen, dass mir niemals im Inneren eines Zellenfortsatzes, mochte nun die Art und Weise, wodurch die Zelle isolirt wurde, gewesen sein welche sie wolle, nur die geringste Andeutung eines deutlich differenzirten Gebildes vorgekommen ist. Auch scheint mir G. Wagner, wel-

cher dieses Verhalten auch bei Mollusken zu finden glaubte, die Vervielfältigung der Nucleoli nicht beachtet zu haben; sowie aus der Angabe, dass der Faden mitunter in der entgegengesetzten Richtung des Fortsatzes verliefe, wohl nicht unglaublich erscheint, dass hier fadenförmig ausgezogene Streifen der hyalinen, zähen Grundsubstanz eine Täuschung veranlassen konnten.

Zu meiner eigenen vorhin mitgetheilten Beobachtung möchte ich mich daher jetzt in folgender Art verhalten. Wie wir im Folgenden uns zu überzeugen Gelegenheit haben werden, kommen isolirte Nuclei vor, an welchen alle möglichen Ueberreste der zugehörigen Ganglienkörper anhaften geblieben sind. Es ist daher nicht unmöglich, dass in jenem Falle gerade jener Theil des Zellenkörpers an dem Nucleus haften blieb, von welchem der Fortsatz der Zelle ausging, und der zwischen dem Kern und dem Fortsatz gelegene Theil der zähen Grundsubstanz konnte sich bei der Präparation ganz wohl zu einem derartigen, etwas verlängerten Faden ausgezogen haben, welcher somit als Anfangstheil des Fortsatzes erschien. Ich möchte daher in jener Beobachtung nur eine, wenngleich etwas befremdliche Abnormität erblicken, da in solcher Ausdehnung erhaltene Fortsätze grösserer Zellen an ganz frischen Präparaten immerhin eine Seltenheit sind.

Es bleibt schliesslich noch übrig zu ermitteln, was wir über die Natur der Ganglienzellen selbst aus den bei der Untersuchung im frischen Zustande meist nur zur Beobachtung gelangenden Fragmenten derselben ableiten können.

Es sind, wie gesagt, meist nur sehr verstümmelte Zellen, welche uns jetzt begegnen, denn die Anzahl derer, welche einen deutlichen Fortsatz tragen, ist sehr geringe und beschränkt sich meist auf diejenigen von kleinerem und mittlerem Umfange, während die grösseren alle durch die Präparation stark gelitten haben. Wo nun diese Fortsätze vorhanden sind, da erscheinen sie stets als ziemlich kurze, fadenförmige, von dem breiteren Ursprunge meist gleichmässig sich verschmälernde Verlängerungen des Zellkörpers, gebildet von einer völlig homogenen glasartig durchscheinenden Substanz,

von starker Lichtbrechung und deutlich hervortretendem bläulichen Glanze. An ihrem freien Ende erscheinen sie entweder in eine feine Spitze ausgezogen, oder unregelmässig kolbig angeschwollen, so dass man schon durch dieses äussere Ansehn daran gemahnt wird, dass man es hier mit Erscheinungsformen einer zähen, leicht formbaren Substanz zu thun hat.

Verlassen wir daher für jetzt diese Fortsätze, nachdem wir noch von denselben angemerkt haben, dass der Ursprung derselben stets ganz gleichförmig und ununterscheidbar in die Masse des Zellkörpers übergeht, um zur Betrachtung der Zellkörper zurückzukehren.

Diese bieten sich meist als kuglige oder mehr ovale Klumpen einer granulirten Masse dar, deren jeder einen Kern einschliesst und gewissermassen eine Umhüllungsmasse desselben darbietet. Sie zeigen in etwas grösseren Dimensionen ganz dieselben ausserordentlichen Grössenunterschiede, wie wir sie an dem Kerne kennen lernten; da jedoch Grössenangaben nur dann Werth haben können, wo wir es mit der natürlichen Form der Elemente zu thun haben, so werden diese später mitzutheilen sein, und werden wir zunächst etwas über die innere Constitution der Elementartheile der fraglichen Gebilde zu ermitteln haben.

Betrachten wir zunächst einen der grösseren Ganglienkörper (vgl. Fig. 2.) etwas eingehender, so ist zunächst zu bemerken, dass die gleichförmige granulirte Beschaffenheit, welche die Ganglienkörper darzubieten schienen, nur eine scheinbare ist, denn man gewahrt, wie überall aus dem Körper der Zelle, ohne weitere Veranlassung als durch den Druck des Deckgläschens (welcher bei einem so grossen Object allerdings nicht unansehnlich sein muss), Tropfen einer hyalinen, zähen Substanz hervorgepresst werden, deren allmäliges Hervortreten und schliesslich gänzliche Loslösung von dem Körper der Zelle wir bequem verfolgen können. Nachdem sich dieselben gänzlich von dem Umfange der Zelle abgetrennt haben, erscheinen sie als kreisrunde, sehr scharf conturirte, stark lichtbrechende Tropfen von verschiedenem, oft sehr ansehnlichem Durchmesser. Sie zeigen einen bläulichen Glanz und verra-

then keine Neigung sich mit der umgebenden Flüssigkeit, im Falle man indifferente Flüssigkeiten angewendet hat, zu vermischen. Die so eben geschilderte kuglige Tropfenform ist jedoch nur diejenige, in welcher diese Substanz erscheint, wenn sie ungestört ihren eigenen, inneren Anziehungskräften überlassen bleibt, ein jeder geringe äussere Eingriff genügt, um sie in den allerverschiedensten, nicht eben weiter definirbaren Formen erscheinen zu lassen, so dass man sich nicht darüber verwundern kann, dass durch derartige zerflossene, unregelmässig zerstreute Massen zerstörter Ganglienzellen, alles zwischen denselben befindlich gewesene Gewebe völlig verdeckt und unkenntlich gemacht wird.

Wir sehen vorläufig noch von der Frage ab, ob ein derartiges Verhalten mit einer die Ganglienkörper umhüllenden Membran zu vereinbaren ist, jedenfalls lehrt diese Beobachtung, dass die Hauptmasse der Ganglienzellen eben aus jener so eben charakterisirten, hyalinen Grundsubstanz besteht, in welcher gleichmässig suspendirt ein anderer, in Form feiner Pünktchen erscheinender Körper erscheint. Es ist nun diese hyaline Grundsubstanz in allen ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften auf das Vollkommenste übereinstimmend mit derjenigen, welche die Zellenfortsätze bildet, sowie auch, wie dies hier sogleich voranzuschicken ist, mit derjenigen, welche fibrillär angeordnet den Inhalt der peripherischen Nervenstämme bildet, so dass Alles, was von derselben ausgesagt werden kann, auch in allen Fällen für die Substanz der Nervenfasern vollkommene Geltung hat.

Es wäre nun an der Zeit, das chemische Verhalten dieser, den grössten Theil des Nervensystems unserer Thiere bildenden (recht eigentlich nervösen) Substanz näher zu prüfen. Um jedoch nicht unnützer Weise weitschweifig zu werden, ist hier einfach zu erwähnen, dass alle angestellten mikrochemischen Reactionen darauf hinauslaufen, dass man es mit einem Eiweisskörper in erheblich dichtem Zustande zu thun hat. Hervorheben will ich nur, dass Schwefelsäure im erwärmten Zustande, wenn man sie ziemlich concentrirt hinzugesetzt hat, ganz dieselbe, schön rosenrothe Farbe hervorbringt, als die Be-

handlung durch Zucker und Schwefelsäure [1]). Doch muss man, um diese rosenrothe Färbung schön zu erhalten, die Objectplatte sehr vorsichtig erwärmen, da die Schwefelsäure sonst leicht verkohlend auf die Substanz einwirkt. Wie es scheint, ist nun diese Einwirkung der erwärmten Schwefelsäure bei allen Eiweisskörpern dieselbe, wenigstens sah ich diese Reaction auch bei Muskelsubstanz der untersuchten Thiere, bei derjenigen kleinerer Anneliden, bei quergestreifter Muskelsubstanz und Linsensubstanz eintreten, doch tritt die Röthung oft nur schwach ein, wenn die Substanz sehr zerfliesst und sich weit zerstreut.

Es ist schliesslich zu bemerken, dass kaustische Alkalien oder Säuren, nach längerer Dauer der Einwirkung, schliesslich den gesammten Inhalt der Nervencentren in eine völlig homogene, durchsichtige Masse verwandeln, in welcher, ausser den leeren, hellen Kernblasen und den Pigmentanhäufungen, deren Verhalten in diesen Fällen uns eingehender beschäftigen wird, keine Spur geformter Gebilde mehr übrig bleibt.

Es wäre noch von der in feinen Pünktchen erscheinenden Substanz zu sprechen, welche, in der hyalinen Grundmasse gleichmässig vertheilt, einen nicht unbedeutenden Theil der ganzen Masse des Zellkörpers bildet. Fein vertheiltes Fett haben wir wohl gar nicht in diesen Pünktchen zu vermuthen, denn es ist gerade diese Substanz, welche besonders stark Carmin aufnimmt, während die hyaline Grundsubstanz, sowie die Nervenfasern nur sehr langsam und schwach durch Carmin sich färben [2]). Ausserdem verschwindet diese feingranulirte Masse

---

1) Leconte und Faivre: Etudes sur la constitution chimique du système nerveux de la sangsue. Gazette médicale No. 45. 1855 p. 709, haben für die Ganglienzellen von *Hirudo*, wie ich aus Henle's Jahresbericht ersehe, angegeben, dass erwärmte, concentrirte Schwefelsäure den Kern derselben hellroth, die periphere granulirte Substanz gelb färbe; diese Angabe glaube ich nach dem Obigen berichtigen zu müssen.

2) Hierauf beruht es auch, dass, wie Walter (a. a. O. p. 40) richtig bemerkt, die kleinsten Zellformen, die fast nur hyaline Substanz enthalten, sich durch Carmin nur schwach färben; was mithin nicht

völlig durch Anwendung derjenigen Reagentien, welche die Eiweisskörper auflösen, so dass wir in derselben, ebenso wie in der feingranulirten Substanz der Kerne, einen amorph ausgeschiedenen Proteïnkörper anzunehmen haben. Gewöhnliches, in grössere Tropfen zusammenfliessendes Fett scheint übrigens im ganzen Nervensystem unserer Thiere, falls es überhaupt hier vorkommt, nur in äusserst unbedeutenden, der Wahrnehmung ganz sich entziehenden Spuren vorhanden sein zu können.

Es bleibt schliesslich nur das Pigment abzuhandeln, welches bisher das Interesse der Beobachter fast gar nicht erregt zu haben scheint. Finden wir doch selbst in der im Uebrigen so sorgfältigen Darstellung Helmholtz's[1]) die Angabe, das rothe Pigment von *Limnaeus* und *Planorbis* sei in Wasser löslich! Dennoch scheint dieser Körper nach demjenigen, was sich mit Sicherheit an demselben ermitteln lässt, die höchste Beachtung zu verdienen.

Was zunächst die Art seines Vorkommens im Nervensystem unserer Thiere anlangt, so finden wir dasselbe in den Ganglienzellen von *Limnaeus* von rostrother Farbe und nur in kleinen runden Körnchen vor, während in denjenigen von *Planorbis* grössere Anhäufungen von intensiver rother Farbe erscheinen, in welchen, neben den feineren und gröberen Körnchen auch gröbere, unregelmässig eckige Körperchen von krystallartigem Ansehen und lebhaft rubinrother Farbe sich bemerken lassen. Doch habe ich wirklich regelmässig ausgebildete und definirbare Krystallformen nicht wahrnehmen können. Neben diesen eckigen Körperchen kommen auch noch kugelrunde, grössere Bildungen (wie sie in grösserem Umfange beim Flusskrebs angetroffen werden) gar nicht selten vor. Der Durchmesser dieser grösseren Bildungen ist oft nicht unansehnlich und beträgt zwischen 0,0026 bis 0,016 Mm.

Bei *Planorbis* fällt übrigens ausserdem eine ziemlich regelmässige Anordnung des Pigments in den Ganglienzellen auf.

---

gerade ihnen besonders eigenthümlich ist, sondern der „nervösen" Substanz allgemein zukommt.

1) Helmholtz: De fabrica systematis nervosi evertebratorum. Diss. inaug. Berol. 1842 p. 8.

Dasselbe ist hier nämlich niemals regellos in der hyalinen Grundsubstanz zerstreut, sondern es bildet stets an der Stelle, wo die Fortsätze vom Zellkörper entspringen, eine unregelmässige klumpige Anhäufung von tiefrother Farbe, während der übrige Theil der Zelle ganz davon frei ist. Diese Anordnung habe ich bei *Planorbis* durchgehends ganz regelmässig angetroffen, während bei *Limnaeus* eine derartige Regelmässigkeit nicht stattzufinden scheint.

Schliesslich ist zu bemerken, dass die kleinsten Ganglienzellen gar kein Pigment mehr enthalten, während mit der Grösse der Zellen auch die Menge des Pigments wächst. Eine grosse Zelle, die wenig oder kein Pigment enthalten hätte, ist mir nie begegnet. Es wäre noch die Frage zu erledigen, ob das Pigment ausschliesslich in den Ganglienzellen oder auch noch in anderen Gewebselementen des Centralnervensystems vorkommt. Ich glaube mich mit Entschiedenheit für das Erstere aussprechen zu müssen, nachdem ich mich überzeugt habe, dass die runden bläschenartigen Bildungen, in welchen man die grösseren eckigen Pigmentkörner von *Planorbis* mitunter erscheinen sieht, weiter nichts als abgelöste Tropfen der hyalinen Grundsubstanz sind.

Es interessirt nun das Verhalten dieses Körpers gegen chemisch wirkende Substanzen kennen zu lernen.

Kaustisches Kali oder Natron, selbst in sehr starker Concentration, bleibt völlig unwirksam auf denselben, die einzelnen Körnchen und Körperchen bleiben vollkommen distinct und unverändert und treten durch das Durchsichtigwerden der sie umhüllenden Masse nur um so schärfer hervor.

Sehr bemerkenswerth ist nun die Einwirkung der Schwefelsäure. Während man bei schwacher Concentration nichts verändert findet, tritt, wenn man sie ganz concentrirt hinzusetzt, eine überraschende Erscheinung ein, die einzelnen Körnchen und Körperchen werden nämlich, ohne ihre Form zu verändern, plötzlich tief indigoblau gefärbt, in ganz ähnlich hervorstechender Weise, wie die Amylonkörnchen durch Jod gebläut werden. Um diese Einwirkung der Schwefelsäure zu sehen, muss man oft ziemlich lange warten, selbst wenn man

Sorge getragen hat, dass die zugesetzte Säure möglichst concentrirt ist, dauert es oft ziemlich fünf Minuten bis die Reaction sich dadurch ankündigt, dass die tiefrothe Farbe der Körnchen anfängt in eine grünliche überzugehen, worauf die gelbliche Beimischung mehr und mehr verschwindet, bis überall das tiefste Dunkelblau erscheint. Lässt man die Säure nicht unter dem Deckgläschen hinzutreten, sondern fügt einige Tropfen concentrirter Säure dem Object unmittelbar hinzu, so erscheint das Blau momentan. Es ist übrigens die blaue Farbe auch mikroskopisch leicht zu bemerken, wenn man das Objectglas auf eine weisse Unterlage legt.

Diese blaue Färbung der Pigmentkörner ist nun beständig, so lange die Anwesenheit der Schwefelsäure im concentrirten Zustande dauert, und es wird hierbei das Pigment auch bei der längsten Dauer der Einwirkung keinesweges aufgelöst, sondern behält seine ursprüngliche Form durchaus bei.

Es ist nun sehr merkwürdig, dass man durch einfaches Auswaschen der Schwefelsäure die ursprüngliche rothe Farbe des Pigments durchaus wieder herstellen kann. Denn man braucht nur einen Strom destillirten Wassers unter dem Deckgläschen vermittelst Fliesspapier hindurchzuziehen, um in kürzester Zeit alles Pigment in seiner früheren rothen Färbung ganz unverändert wieder zu erhalten. Das auf diese Weise wiederhergestellte Pigment kann man alsdann durch abermalige Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure wieder blau färben, und so diesen Versuch mehrere Male hinter einander wiederholen; doch schien mir zuletzt nach öfterer Wiederholung das Blau weniger intensiv zu sein.

Hieraus geht nun wohl mit Sicherheit hervor, dass die Anwesenheit der concentrirten Schwefelsäure keinesweges eine chemische Umänderung unseres Körpers bewirkt; denn man kann sie einfach entfernen und denselben unverändert in seinen Eigenschaften wieder zurückerhalten, sondern eben nur, indem sie denselben durchdringt, seine Eigenschaft, rothes Licht hindurchzulassen, dahin verändert, dass er von nun an nur für blaue Lichtstrahlen durchgängig ist.

Völlig anders verhält sich nun die Salpetersäure gegen un-

sere Substanz, indem sie dieselbe entfärbt, ohne sie dabei zu lösen. Hat man dieselbe mässig concentrirt angewendet, so gewahrt man anfangs lange keine Wirkung, auch nachdem die Anwesenheit des Reagens sich durch die feine moleculäre Gerinnung der hyalinen Substanz bereits kund gethan hat. Fasst man nun ein grösseres Pigmentkorn unverrückt ins Auge, so sieht man etwa nach 5—10 Minuten die rothe Farbe desselben verschwinden, indem dasselbe undurchsichtiger wird und eine dunklere bräunliche Färbung annimmt. Mit der Zeit verschwindet nun auch diese, während dasselbe seine Form und scharfe Begrenzung unverändert beibehält, und macht einer vollständigen Entfärbung Platz. Man würde jetzt das Pigment für völlig verschwunden halten, da es sich in dem allgemeinen, durch die Salpetersäure erzeugten, gelblichen Ton des Objects völlig verliert, hätte man sich nicht eben an einem einzelnen bestimmten derartigen Körperchen direct davon überzeugt, dass dasselbe nicht verschwindet und nur seine rothe Färbung gänzlich einbüsst.

Salzsäure scheint dagegen ohne allen Einfluss auf diesen Körper zu bleiben, ich bemerkte wenigstens, selbst nach stundenlanger Einwirkung ziemlich concentrirter Säure, keine Spur einer Farben- oder Formveränderung an den Pigmentkörnern, so dass dieselben vollkommen unverändert sich zeigten.

Chlor in wässriger Lösung bewirkt ebenso schnell als die Salpetersäure eine völlige Entfärbung, und es haben die so entfärbten Körnchen gleichfalls das Vermögen eingebüsst, durch Schwefelsäure gebläut zu werden. Bei halb entfärbten Körperchen bewirkt jetzt Schwefelsäure eine schwächere Nüancirung des Blau.

Essigsäure, selbst concentrirt, lässt das Pigment bei beliebiger Dauer der Einwirkung unverändert. Erwärmt man dagegen das Objectglas bis zum längeren Kochen der Essigsäure, so wird dasselbe aufgelöst. Dauerte die Einwirkung der kochenden Essigsäure nur kürzere Zeit, so erscheinen nur an wenigen Stellen noch distincte Pigmentkörnchen, der grösste Theil ist gelöst und die ganze Masse, in welcher das Pigment eingebettet war, hat eine ziemlich intensive, gelbe Farbe da-

durch angenommen; hin und her sieht man auch einzelne derartige, gelb gefärbte Tropfen derselben einzeln auftreten. Setzt man jetzt concentrirte Schwefelsäure hinzu, so erscheint eine wenig intensive, blaugrünliche Färbung der gelben Tropfen, was aus der Zertheilung der Substanz leicht erklärlich ist. Jedenfalls ist zu ersehen, dass diese Substanz auch noch in ihren Lösungen durch Schwefelsäure gebläut wird.

Alkohol in schwächeren Graden hat keine Einwirkung, absoluter dagegen bewirkt, freilich nur, wenn man ein Schlundganglion recht lange darin hat liegen lassen, eine Auflösung des Pigments, denn wenn man die auseinandergebreitete Masse jetzt mit kaustischem Kali durchsichtig macht, sieht man die grossen Ganglienzellen völlig blass und keine Spur mehr von den Pigmentkörnern.

Ebenso wirken Aether, Chloroform und Terpenthinöl, aber viel schneller lösend auf unsere Substanz ein; es ist wohl kaum nöthig, die Art und Weise, wie man hierbei zu verfahren hat, auseinanderzusetzen.

Wir haben nun nach dem Vorigen eine unverseifbare, fettartige, rothe Substanz vor uns, welche unlöslich ist in kaustischen Alkalien und Mineralsäuren jeder Concentration, welche durch concentrirte Schwefelsäure blau gefärbt wird, ohne dabei zersetzt zu werden, durch Salpetersäure völlig entfärbt und von Aether, absolutem Alkohol, Chloroform, kochender Essigsäure und flüchtigen Oelen gelöst wird.

Sind nun auch dieses sehr charakteristische Eigenthümlichkeiten, welche wohl mit keiner bisher näher ermittelten organischen Substanz verglichen werden können, so könnte man dennoch sagen, dass diese Ermittelungen noch keineswegs hinreichen, um über die eigentliche chemische Natur dieses Körpers hinlängliches Licht zu verbreiten. Doch treten hier glücklicherweise Beobachtungen sehr willkommen ergänzend hinzu, welche Herr Prof. v. Wittich fast gleichzeitig mit meinen hier mitgetheilten an dem rothen Farbstoff von *Euglena sanguinea* machte, deren Veröffentlichung zwar erst in nächster Zeit in den Königsberger Physikalisch-ökonomischen Schriften bevorsteht, auf welche ich mich jedoch mit seiner Erlaubniss hier bereits beziehen darf.

Es erschien mir die sonderbare Reaction der Schwefelsäure auf das Pigment von *Planorbis* und *Limnaeus* so auffällig, dass ich davon unmittelbar Herrn Prof, v. Wittich in Kenntniss setzte, zumal mir bekannt war, dass sich derselbe mit der chemischen Darstellung des Farbstoffs von *Euglena* beschäftigte, welches er in grosser Masse gesammelt hatte. Behandlung der ätherischen Lösung dieses rothen Farbstoffs mit concentrirter Schwefelsäure ergab zunächst nur eine unbestimmte grünliche Färbung, aus der nichts Sicheres zu schliessen war. Wenige Tage darauf erhielt dagegen Herr Prof. v. Wittich durch verschiedene Löslichkeitsverhältnisse den eigentlich rothen Be-

standtheil jenes Farbstoffs getrennt von einem, demselben beigemengt gewesenen grünlichen Körper — und zwar jetzt in ausgezeichnet schönen, grossen, sehr regelmässig ausgebildeten Krystallen von rubinrother Farbe; eine überraschende Thatsache, welche gewiss allgemeines Interesse erregen wird. Was nun hier hervorzuheben ist, ist der Umstand, dass diese rothen Krystalle durch concentrirte Schwefelsäure sofort blau gefärbt wurden, so wie ich dieses an dem Pigment von *Planorbis* und *Limnaeus* aufgefunden hatte, und zwar gleichfalls ohne ihre Krystallform irgend zu ändern. Hinzufügen will ich nur noch, dass alle die eigenthümlichen Löslichkeitsverhältnisse vollkommen bei beiden Substanzen übereinstimmend gefunden wurden, so dass der rothe Farbstoff von *Euglena sanguinea* und derjenige der Ganglienzellen von *Limnaeus* und *Planorbis* als durchaus identisch zu betrachten sind. Ich kann somit diejenigen, welche sich über die physikalischen und chemischen Eigenthümlichkeiten dieser Substanz näher zu unterrichten wünschen, auf die angeführte, in Kurzem erscheinende Abhandlung v. Wittich's im Voraus verweisen.

Es interessirte nun zunächst, diese eigenthümliche Substanz auch an anderen Orten aufzusuchen, wozu die Schwefelsäurereaction ein sehr gutes Mittel gab, denn diese Blaufärbung ist so intensiv, dass sie selbst erstaunlich kleine Mengen derselben noch mit Sicherheit anzeigt.

Bei den wenigen Mollusken, welche ich jetzt im Winter untersuchen konnte (*Limnaeus*, *Planorbis*, *Paludina vivipara*), hat sich bisher nur noch in der Eiweissdrüse von *Planorbis* dieser Körper wahrnehmen lassen. Dagegen zeigte sich das rothe, in Kali unlösliche Pigment der rothen Fischschwänze und Flossen (*Perca*, mehrere Cyprinoïden) als durchaus hierhergehörig, denn wenn man eine derartige rothe Flosse in concentrirte Schwefelsäure taucht, so erscheint sie fast momentan tief dunkelblau, und es zeigt sich bei näherer Betrachtung, dass diese Färbung von den einzelnen, früher rothen Pigmentkörnchen und grösseren runden Pigmentklumpen herrührt, welche jetzt im tiefsten Blau und in unveränderter Form erscheinen. Auch hier gelingt es durch Auswaschen der Schwefelsäure (noch schneller, wenn man den Rest durch Kali absättigt) das Roth unverändert wiederherzustellen, ebenso tritt die Entfärbung durch Salpetersäure in derselben Art und Weise ein, und es sind die Löslichkeitsverhältnisse, so weit ich sie untersucht habe, dieselben [1]).

1) Ich hoffe diesen rothen Körper der Fischschwänze baldigst weiter untersuchen und, wie es v. Wittich bei *Euglena* gelang, in grösserer Quantität krystallinisch erhalten zu können. Doch ist die Substanz, soviel eine vorläufige Prüfung mich lehrte, hier jedenfalls gleichfalls nicht ganz rein in den grösseren runden Klumpen vorhanden, sondern mit einem anderen Fett vermengt, welches man bei der Ver-

Dieselben Verhältnisse bietet ferner der bei *Astacus fluviatilis* in grosser Masse vorkommende rothe, in Kali unlösliche Körper dar, welchen ich erst neuerlich zu untersuchen Gelegenheit hatte. Es ist dieser Körper hier in grossen, weitverzweigten sternförmigen Räumen abgelagert, und theils in Körnchen von verschiedener Grösse, theils ebenfalls in grösseren eckigen Körperchen ohne regelmässige Krystallform, daneben aber auch noch in grossen Kugeln von äusserst beträchtlichem Durchmesser, von 0,017 bis zu 0,028 Mm. vorhanden. Die Bläuung durch Schwefelsäure tritt hier ganz in derselben intensiven Weise hervor, mitunter erschienen mir jene grossen Kugeln, wenn sie durch Schwefelsäure blau gefärbt worden waren, von einem diffusen dunkelblauen Hof umgeben, als ob hier etwas durch die Schwefelsäure von der Substanz gelöst werde, doch erscheint es mir wahrscheinlicher, dass hier durch den ausgeübten Druck sehr feine, einzeln ununterscheidbare Partikelchen abgelöst seien, welche jenen scheinbar diffusen blauen Schein hervorbrachten.

Dass übrigens der Schmelzpunkt dieses rothen Fettes ein sehr hoher sein, jedenfalls über die Temperatur des siedenden Wassers hinausliegen muss, davon konnte ich mich bei *Astacus* sicher überzeugen, indem auch nach längerem Kochen in Wasser die einzelnen grossen Kugeln und kleinen Körnchen ihre Form beibehalten hatten und durchaus nicht zusammengeflossen waren. Es stimmt dieses ebenfalls mit v. Wittich's Beobachtungen überein, welcher den Schmelzpunkt der Krystalle von *Euglena* sehr hoch fand und genau bestimmen konnte.

Einige Worte hätte ich noch über den blauen, wie Forillon und Leydig bereits hervorgehoben haben, in sehr schönen und regelmässig ausgebildeten hellblauen Krystallen bei *Astacus* vorkommenden Körper hinzuzufügen. Derselbe bildet, abgesehen von seinem Vorkommen im Chitinpanzer, wo man über die Art seines Auftretens nicht deutlich ins Klare kommen kann, in dem Bindegewebe an der Innenseite des Thorax ziemlich ansehnliche, schon dem blossen Auge blau erscheinende Anhäufungen. Man erkennt bei genauerer Untersuchung, dass die Art seines Vorkommens von derjenigen des rothen, so eben beschriebenen Körpers wesentlich abweicht, indem derartige Stellen sich als Anhäufungen ziemlich kleiner, kugelrunder Zellen darstellen, welche mit dieser Substanz erfüllt sind und durch ihre blaue Farbe sofort in die Augen fallen. Eine jede dieser runden Zellen enthält entweder einen einzelnen, grösseren, blauen Krystall und daneben zahlreiche kleine blaue Körnchen, oder mehrere krystallinische kleinere Körperchen neben den kleineren Körnchen. Zerstört man nun

dunstung der ätherischen Lösung in grossen tafelförmigen Plättchen erhält, so dass hier gleichfalls erst eine Trennung vorgenommen werden muss.

die Zellen durch stärkeren Druck, so ergiesst sich der Inhalt derselben frei in die Aussenflüssigkeit, in welcher man ausser dem diffusen Blau und den kleineren Körnchen jene, jetzt aus den Zellen befreiten blauen Krystalle zahlreich antrifft. Es erscheint mir somit wahrscheinlich, dass jene Zellen, neben den krystallinisch ausgeschiedenen Bildungen auch noch einen Theil dieses Körpers in Lösung erhalten, wenigstens in einem Zustande, in welchem derselbe in Wasser löslich ist. Die Krystalle selbst besitzen die Gestalt sehr regelmässig ausgebildeter, rhombischer, ziemlich stumpfwinkliger Täfelchen, und sind gewöhnlich an Grösse nicht sehr verschieden, sie übersteigen kaum die Grösse von 0,005 Mm. trotz ihrer sehr schön ausgebildeten Krystallform und bleiben also hinter den grossen Kugeln des vorhin beschriebenen rothen Körpers bedeutend an Grösse zurück. Diese Krystalle sind jedenfalls in Wasser unlöslich.

Dieser Körper hat nun die Eigenschaft, durch die mannigfachsten, ganz verschiedenen Einwirkungen seine blaue Farbe in eine rothe zu verwandeln, wobei er jedoch immer gelöst zu werden scheint. Denn es bewirkt dieses nicht allein die Siedehitze, sondern auch Kali, Natron, Schwefelsäure, Salzsäure, selbst Essigsäure in concentrirterem Zustande bewirken diese Röthung. Beobachten wir die Einwirkung der Kalilösung z. B. genauer unter dem Mikroskop, um uns von dem hier Vorgehenden genauere Rechenschaft zu geben, so sehen wir zunächst an den Stellen, wo dieselbe eindringt, die blaue Flüssigkeit gleichmässig hellroth sich färben, so dass das schnelle Vorrücken der Kalilösung durch eine sehr scharfe Trennungslinie der blauen und rothen Flüssigkeit sehr in die Augen fällt. Beobachten wir nun scharf einen blauen Krystall gerade in dem Moment, wo die rothe Flüssigkeitsgrenze an ihn herantritt, so sieht man ihn momentan seine blaue Farbe verlieren und sich hellroth färben, unmittelbar darauf bläht er sich auf und verliert seine Krystallform, und in wenigen Augenblicken zerfliesst er vollends in der umgebenden, gleichmässig rothen Flüssigkeit.

Diese kurzen Andeutungen über die Farbenveränderung des blauen Pigments von *Astacus* habe ich hier nur hervorgehoben, um zu beweisen, dass dieser Körper in gar keiner Beziehung steht zu jenem zuvor beschriebenen rothen Pigment des Flusskrebses, sondern als eine Substanz von wesentlich anderer Natur anzusehen ist. Jedenfalls verdient er sehr viel eingehendere Untersuchungen, als ich ihm bisher konnte zu Theil werden lassen.

Es ist nun somit jener eigenthümliche Körper, welchen wir im Centralnervensystem unserer Thiere antreffen, bereits in Organismen der allerverschiedensten Art nachgewiesen und dürfte sich wohl als ziemlich verbreitet bei Wirbellosen zeigen, sowie denn auch diese bisher kaum beachtete Substanz in vielleicht kurzer Zeit zu den besser bekannten organischen Körpern zu rechnen sein wird.

Nach dieser Abschweifung kehren wir wieder zu unseren Ganglienzellen zurück und haben schliesslich noch die Frage zu erledigen, ob das Ganze der von uns so eben untersuchten, den Zellkörper bildenden Massen in eine äussere Membran eingeschlossen sei oder nicht.

Ich glaube, wir werden uns mit derselben Bestimmtheit, mit welcher wir uns von der Anwesenheit der Kernmembran zu überzeugen Gelegenheit hatten, dagegen äussern müssen, dass an irgend welchen Ganglienzellen unserer Thiere etwas existirt, was im mindesten den Namen einer Membran verdiente. Ich sehe mich genöthigt, auf diese Frage genauer einzugehen, weil die Existenz einer Membran in neuester Zeit von Walter für die Mollusken und zwar gerade für *Limnaeus stagnalis* behauptet worden ist, und zwar, wie mir erscheint, ohne Angabe irgend welcher Gründe[1]).

Fassen wir die Gründe, welche für das Vorhandensein einer Zellmembran bei den Ganglienzellen der Mollusken wohl angeführt worden sind, zusammen, so wären es etwa folgende.

Zunächst ist das bestimmte Vorhandensein einer Membran bei anderen Wirbellosen hervorgehoben worden, wobei namentlich die Verhältnisse im Nervensystem von *Astacus* zum Muster dienten. In diesem Sinne äusserte sich z. B. Helmholtz (a. a. O.), indem er bemerkt, die bei *Astacus* so deutlich sichtbare Scheide der Nervenfasern und Ganglienzellen werde wohl auch bei den anderen Wirbellosen, wenngleich schwieriger erkennbar, vorhanden sein. Indessen ist es, wenn man z. B. Häckel's schöne Darstellungen der kernhaltigen Scheiden der Ganglienzellen dieses Thieres vergleicht, leicht ersichtlich, dass es sich hier um accessorische, bindegewebige Hüllenbildungen von ziemlich complicirtem Bau handelt, von denen im Nervensystem unserer Thiere nirgends eine Spur vorhanden ist, wie denn auch Häckel selbst geneigt ist, den Ganglienzellen von *Astacus* noch eine besondere, innere, structurlose Scheide zuzuschreiben[2]). Es hat mithin jener Beweis, der lediglich auf Analogien sich stützt, wie überall die blosse Analogie keine zwingende Beweiskraft, und muss jedenfalls sofort aufgegeben werden, sobald bestimmte positive Gegengründe sich darbieten.

Andere Beweise sind, wie z. B. von Walter, von der Art

1) Worauf die von Walter (a. a. O. p. 39) gemachte Angabe, die grossen „sympathischen" Zellen hätten eine deutlich erkennbare, „feste" Membran, beruht, vermag ich nicht zu sagen. Sollte sie vielleicht auf der an einer anderen Stelle etwas leicht hin geäusserten Bemerkung, „von der Membran habe sich der Verf. durch eine scharfe, von dem granulirten Inhalt der Zelle durch einen hellen Zwischenraum getrennte Contur überzeugen können", beruhen, so beweist dies zwar nichts für die fragliche Membran, wohl aber, dass Walter sich mit den Erscheinungen der Ganglienzellen im frischen Zustande wohl nicht hinreichend vertraut gemacht haben kann.

2) Häckel, Die Gewebe des Flusskrebses. Müll. Arch. 1857.

und Weise, in welcher die Ganglienzellen conturirt erscheinen, hergenommen worden. Namentlich ist, wie erwähnt, Gewicht gelegt worden auf eine scharfe Contur, die bisweilen durch einen hellen Zwischenraum getrennt erscheint von dem granulirten Inhalte des Zellkörpers. Diese Gründe beweisen hier indessen nicht das Allergeringste für eine Membran. Denn die den grössten Theil der Zellkörper bildende stark lichtbrechende Substanz erscheint stets, selbst in einzelnen Tropfen, mit sehr scharfen Conturen, und wenn wir uns die Erscheinungen der durch Druck hervorgepressten Tropfen der hyalinen Grundsubstanz ins Gedächtniss zurückrufen, so werden wir auch das Erscheinen derartiger Conturen ohne Anwesenheit von Membranen für leicht begreiflich halten müssen.

Walter hat[1]), wie ich sehe, selbst Ganglienzellen mit kernhaltiger Scheide in den seitlichen Abtheilungen des Schlundringes von *Limnaeus* zu finden geglaubt. Diese Angabe kann ich nur als aus einem Irrthum entsprungen ansehen, da, wie später zu erwähnen sein wird, kernartige Gebilde und feinste Fäserchen, aus dem zwischen den Ganglienzellen gelegenen Gewebe, oftmals den Ganglienzellen anhaften bleiben, ohne jedoch mit ihnen in näherem Zusammenhange zu stehen.

Es wären dieses, soviel ich weiss, ziemlich alle Gründe, welche für die Membran der Ganglienzellen der Mollusken angeführt worden sind. Nachdem wir dieselben als unzureichend erkannt haben, wenden wir uns schliesslich zur Beleuchtung derjenigen Gründe, welche uns geradezu zwingen, die Annahme einer Membran für dieselben aufzugeben.

Schon die äussere Contur bietet oftmals derartige Gründe. Vergleichen wir z. B. Fig. 2., so sehen wir nur einen Theil des Nervenkörpers wirklich scharf begrenzt, während auf der anderen Seite die granulirte Substanz selbst unregelmässige, zackige Hervorragungen bildet, wodurch hier die Begrenzung vollkommen verwischt erscheint. An manchen Körpern begegnet es sogar, dass Klümpchen der Umhüllungsmasse, in ähnlicher Weise wie die homogene Substanz für sich, von der Peripherie derselben sich ganz ablösen, ohne dass der Anschein dafür spräche, dass sie aus dem Inneren einer Membran austräten. Ferner ist hier nochmals an das Hervorpressen der hyalinen Tropfen, oft durch nur unbedeutenden Druck zu erinnern. Denn der Einwand, dass diese Tropfen vielleicht gerade da hervortreten könnten, wo durch das Abreissen des Fortsatzes die Membran zerrissen sei, kann nicht als ausreichend gelten, da das Hervortreten solcher Tropfen an jedem Punkte des Umfanges möglich und oft an den entferntesten Punkten gleichzeitig zu bemerken ist. Ausserdem ist die Art dieses Hervortretens (vgl. Fig. 2. 3.) stets die, dass diese Tropfen immer mit ganz breiter Basis aus der granulösen Masse hervortreten,

1) A. a. O. p. 41.

eine Erscheinung, die ich mit dem Hervortreten aus einer Riss stelle nicht zu vereinbaren weiss.

Endlich scheint mir ein letzter Beweis in den Erscheinungen zu liegen, welche die Kerne darbieten, die noch mit mehr oder weniger vollständigen Resten der Umhüllungsmasse bedeckt sind. Es kommen neben den völlig entblössten Kernen recht oft auch solche vor, welchen noch mehr oder weniger grosse Klümpchen der granulirten Umhüllungsmasse anhaften. Andere dagegen zeigen sich, welche noch zum vierten Theile oder bis zur Hälfte bedeckt sind, während endlich mitunter auch Formen sich finden, bei welchen nur an einem geringen Theil des Umfanges die Umhüllungsmasse verloren gegangen ist, so dass die Kernblase an dieser Stelle blossgelegt ist. Bei solchen Vorkommnissen, glaube ich, müsste doch irgend einmal eine structurlose Membran sichtbar werden, namentlich dann, wenn der grösste Theil des Nervenkörpers erhalten und nur ein kleiner Theil der Masse abgelöst ist, was jedoch, wie ich versichern kann, niemals der Fall ist.

Zuletzt ist ein für alle Mal zu sagen, dass, durch welche Mittel man auch die granulöse Umhüllungsmasse homogen machen oder auflösen mag, niemals eine Membran an den fraglichen Zellen zum Vorschein kommt, während doch diejenige der Kerne so deutlich in diesen Fällen zu sehen ist; man mag Druck oder chemische Mittel angewendet haben, so gewahrt man nie etwas Anderes, als ein diffuses Zerfliessen der ganzen Masse. Glaubt man indessen die Nervenkörper für Zellen mit Zellenmembranen erklären zu müssen, und ist trotz dieser Gründe dennoch geneigt, eine äusserste, differente, sehr vergängliche Schicht an den Zellen anzunehmen, die jedoch so zart und zerstörbar sei, dass sie weder je isolirt zu erhalten sei, noch durch irgend welche sinnliche Erscheinungen sich wahrnehmbar mache, so ist dagegen schliesslich nichts mehr einzuwenden, da eine solche Annahme weder widerlegt noch bewiesen werden kann.

Es wäre dem über die Ganglienzellen Gesagten noch dasjenige anzureihen, was die Untersuchung der Nervenstämme in frischem Zustande etwa für unseren Zweck ergeben dürfte[1]). Doch ist leider zu sagen, dass dasjenige, was sich aus der Untersuchung frischer Nervenstämme ableiten lässt, nur sehr dürftig ist. Wie bereits angedeutet, besteht der Inhalt der dicken und derben bindegewebigen Umhüllung derselben aus einer physikalisch und chemisch völlig mit der hyalinen Grundsub-

1) Herr Dr. Waldeyer hat ausführlichere Untersuchungen über die Natur des Axencylinders gleichzeitig mit meinen Beobachtungen angestellt, und da er auch auf die Natur der Nervenfasern verschiedener wirbelloser Thiere ausführlich vergleichend einzugehen gedenkt, so werde ich dieselben im Folgenden nur soweit berücksichtigen, als es zum Verständniss der Verhältnisse in den Nervencentren unbedingt erforderlich erscheint.

stanz der Ganglienzellen übereinstimmenden Substanz, welche, längs fibrillär angeordnet, aus den abgerissenen Enden derselben in einzelnen homogenen Tröpfchen austritt, welche völlig den grösseren, aus den Ganglienzellen hervortretenden Tropfen analog sich verhalten. Es hat dieses Hervortreten in einzelnen Tröpfchen Helmholtz einst veranlasst, in den Nervenfasern der Mollusken röhrige Bildungen zu sehen, aus deren Scheiden die einzelnen Tropfen durch Druck hervortreten sollten. Indessen werden wir bei der Fortsetzung unserer Untersuchungen zu dem Schlusse gelangen, dass den Nervenfasern der Mollusken Schwann'sche Scheiden durchaus fehlen, sie werden vielmehr als homogene nackte Fasern, aus jener vielfach beschriebenen hyalinen Substanz bestehend, sich erweisen, und es muss selbst bei dieser Beschaffenheit als erklärlich und möglich erscheinen, dass ein derartiges Hervortreten in einzelnen Tröpfchen zu Stande kommt. Denn es werden durch den äusseren Druck die Endtheile der einzelnen, immerhin noch durch minimale Mengen einer Zwischensubstanz getrennten Fasern selbst abgelöst und erscheinen in Form von Tropfen, von welchen wir nicht einmal beurtheilen können, ob sie einem einzelnen Faserende oder mehreren zusammengeflossenen entsprechen mögen.

Dass nun bei einem derartigen Verhalten eine Isolation der Nervenprimitivfasern im frischen Zustande eine Unmöglichkeit ist, leuchtet ein. Denn bei jedem Versuch, die dicke unnachgiebige Scheide der Nervenstämme zu entfernen, tritt ein derartiger Druck auf den darin enthaltenen Inhalt ein, dass die halbweiche, leicht formbare Substanz der Nervenfasern zusammenfliesst, und hier eben jene diffuse Trümmermasse erscheint, welche wir bereits in den Nervencentren selbst aus den fasrigen Elementen derselben gebildet werden sahen. Ja es ist selbst nicht möglich, über die Breite der einzelnen Fasern ein sicheres Urtheil jetzt zu gewinnen, da auch in den dünnsten Nervenstämmen noch soviel Fasern über- und nebeneinander liegen, dass es unmöglich wird zu entscheiden, welche Conturen einer einzelnen derselben als angehörig zu betrachten sind.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Frisch isolirter Nucleus einer Ganglienzelle von *Limnaeus stagnalis*, mit anhängendem Fortsatz.

Fig. 2. Grosse Ganglienzelle von *Limnaeus*, frisch isolirt mit zahlreichen durch Druck hervortretenden Tropfen der hyalinen Substanz (a. a).

Fig. 3. Eine kleinere Zelle derselben Art.

Bemerkungen über den histologischen Bau des Centralnervensystems der Süsswassermollusken.

Von

Dr. Reinhold Buchholz.

(Hierzu Taf. VI. Fig. 4. Taf. VII. u. Taf. VIII.)

I.

(Fortsetzung und Schluss.)

Nachdem wir uns in der ersten Abhandlung einigermassen mit der elementaren Natur der von uns zu untersuchenden Gebilde bekannt zu machen versuchten, wird es nöthig, noch einen Augenblick bei der Ueberlegung zu verweilen, auf welche Weise wir die bisher gemachten Erfahrungen verwerthen können, um mit Aussicht auf Erfolg einige Schritte auf dem angedeuteten Wege weiter zu thun.

Es handelt sich, wie wir nun wissen, um ein Gewebe, bei welchem die Schwierigkeiten der Isolation der Elementartheile keinesweges darin beruhen, ein hinderliches Zwischengewebe zu entfernen, denn etwas derartiges wurde nirgends im Inneren der Ganglien angetroffen. Es bietet sich vielmehr das Problem dar, den halbweichen, durch den geringsten Druck leicht umformbaren und in diffuse Massen zerfliessenden Inhalt der Nervencentren durch irgend ein einzuschlagendes Verfahren in einen Zustand zu versetzen, in welchem der Zusammenhang der Theile weniger leicht durch äussere Einflüsse zerstört wird.

Es lehrt diese Ueberlegung bald, wie wenig im Allgemeinen von eingreifenden chemischen Trennungsmitteln zu erwarten ist. Ich habe im Anfange starke Säurelösungen zur Isola-

tion der Theile öfters angewendet, ohne indessen damit besonders günstige Ergebnisse zu erzielen. Dergleichen starke Säurelösungen wirken allerdings hier ebensowenig als sonst unmittelbar zerstörend ein, ja sie erlauben sogar, indem sie eine Gerinnung der hyalinen Grundsubstanz bewirken und somit den Zusammenhalt der Theile vermehren, die Ganglienkörper in kürzester Zeit sehr leicht und einigermassen in ihrer natürlichen Form zu isoliren, und man kann sich auf diese Weise sehr schnell davon überzeugen, dass alle Ganglienzellen mit Fortsätzen versehen sind. Indessen zerstören sie doch so sehr alles feinere Detail von den Fortsätzen und man erhält dieselben stets in der Weise kurz abgerissen, dass diese Methode sehr wenig für unsere Zwecke geeignet erscheint.

Noch weniger ist natürlich die Moleschott'sche Kalilösung geeignet, da dieselbe wohl nur da, wo feste Zwischensubstanzen zu zerstören sind, günstig einzuwirken im Stande ist.

Der Einwirkung höherer Temperaturgrade mag hier gleichfalls noch gedacht werden, da dieselbe gleichfalls eine Gerinnung und ein Festwerden der Eiweisssubstanzen herbeiführt, indessen erfolgte diese Gerinnung stets so ungeregelt, dass der Inhalt der Ganglien in Form bröckliger Trümmer auseinanderfiel und die Ganglienzellen ganz verzerrt erschienen.

Es bleibt nun nichts weiter übrig, als Mittel in Anwendung zu ziehen, welche geeignet sind, eine langsame und vollkommen geregelte Erhärtung der fraglichen Substanz herbeizuführen, deren Grad man alsdann durch die Stärke der Lösung vollkommen in der Hand hat. Es ist wohl dieser Umstand, welcher der Chromsäure für die Untersuchung sehr zarter und leicht zerstörbarer Gewebe einen so grossen Werth verleiht, und ich habe daher derselben, wie ich hier gleich bemerken will, nach vielerlei Versuchen vor allen anderen derartigen Mitteln den Vorzug gegeben, zumal sie, wie von M. Schultze so vielfachen Orts mit Recht hervorgehoben worden ist, falls man sie nur mit erforderlicher Vorsicht anwendet, durchaus nicht derartige Störungen in der natürlichen Anordnung der Theile hervorzubringen pflegt, als ihr von mancher Seite zum Vorwurf gemacht worden ist.

In Bezug hierauf will ich sogleich bemerken, dass Alles was ich an Chromsäurepräparaten darzustellen vermochte, im Wesentlichen sich auch ohne Anwendung von erhärtenden Mitteln durch ein sehr einfaches Macerationsverfahren herstellen lässt, wenn auch niemals in so ausgezeichneter und ausgedehnter Weise, dass man mir den Vorwurf, es lägen hier Kunstproducte der Chromsäure vor, wohl nicht gut machen kann[1]).

Behandelt man nun Schlundringe von *Planorbis* oder *Limnaeus* einfach mit verdünnten Chromsäurelösungen, und versucht es dann unmittelbar zur Isolation zu schreiten, so ist es leider bald ersichtlich, dass ein genügender Grad von Festigkeit und Härte sich auf diesem Wege wohl erreichen lässt, dass dagegen die Elasticität der Theile eine allzu geringe geworden ist. Denn die Fortsätze sind jetzt meist so brüchig, dass sie nirgends in der erforderlichen Länge erhalten zu sein pflegen. Um nun dies neue Hinderniss glücklich zu beseitigen und den jetzt hinreichend erhärteten Theilen noch nachträglich eine angemessene Dehnbarkeit zu verschaffen, kann man am besten so verfahren, dass man die erhärteten Schlundringe eine gewisse Zeit lang in indifferenten Flüssigkeiten liegen lässt, wodurch eine gewisse Wiedererweichung stattfindet, welche man alsdann gleichfalls durch die Dauer derselben genau zu regeln im Stande ist. Es erschien mir nun von Bedeutung dem so eben angedeuteten Verfahren noch eine gewisse Maceration des Ganzen vorauszuschicken, von welcher ich ganz günstige Erfolge gesehen hatte. Lässt man nämlich frisch herauspräparirte Schlundganglien längere Zeit in Humor vitreus oder diluirter Zuckerlösung liegen, so erhält man jetzt bei der Isolation bereits sehr viel besser erhaltene Elemente, als unmittel-

1) Es ist übrigens anzuführen, dass auch andere Mittel zur Darstellung recht brauchbarer Objecte führen können. So habe ich z. B., durch Herrn Dr. Waldeyer hierauf aufmerksam gemacht, gleichfalls es bestätigt gefunden, dass nach längerer Einwirkung von Chloroform die Zellenfortsätze oftmals vorzüglich gut sich erhalten zeigen. Indessen lieferte mir doch das weiter unten zu erörternde Verfahren so weitaus die besten Resultate, dass ich darauf verzichte, daneben noch andere Präparationsmethoden näher zu erörtern.

bar im frischen Zustande. Ich versuchte dieses nun auf etwa natürlicherem Wege dadurch zu erreichen, dass ich die Schlundganglien nicht unmittelbar nach der Tödtung des Thieres herausnahm, sondern die ganzen Schnecken, indem sie einfach vor dem Vertrocknen geschützt wurden, einen Tag lang oder darüber liegen liess. Auf diese Weise wurden der Inhalt der Nervencentren einfach der macerirenden Wirkung der Leibesflüssigkeit des Thieres überlassen. Oder es wurden auch die ganzen Thiere einen Tag lang in äusserst stark verdünntem Alkohol oder Chromsäure von höchstens 0,01 pCt. (welche nicht im Geringsten erhärtend einwirkt) aufbewahrt und alsdann erst die Gangliensysteme zur weiteren Behandlung herausgenommen.

Was sich auf diese einfache Weise bereits ermitteln liess und gewiss zur Controle der an erhärteten Objecten gewonnenen Ergebnisse nicht ohne Werth ist, wird unten angegeben werden, und mag alsdann dieses Verfahren der Kürze halber als einfache Maceration bezeichnet werden. Auf welchem Wege dasselbe eigentlich so günstig einzuwirken im Stande ist, ist, wie ich einräumen muss, nicht vollkommen klar. Es ist wohl zu vermuthen, dass bei der sehr geringen Neigung der zähen Substanz, aus welcher die nervösen Elemente bestehen, in derartigen indifferenten Flüssigkeiten aufzuquellen (reines Wasser ist natürlich stets auszuschliessen), eine gewisse Imbibition derselben in die Zwischenräume des Gewebes stattfindet, wodurch die Theile desselben gelockert und leichter isolirbar werden.

Die alsdann herauspräparirten Schlundringe wurden darauf in Chromsäurelösungen verschiedener Stärke erhärtet. Ich bediente mich hierbei der Lösungen zwischen 0,02—0,05 pCt. mit gutem Erfolge, und zwar kann man die schwächeren mehrere Stunden, die stärkeren höchstens bis zu $^1/_2$ Stunde lang einwirken lassen. Die nachfolgende Erweichung in Humor vitreus oder anderen indifferenten Flüssigkeiten richtet sich alsdann ganz nach dem Erhärtungsgrade, welchen das Präparat erlangt hatte, sowie nach der Temperatur, so dass über die Dauer derselben keine bestimmten Regeln zu geben sind. Es ist daher am besten, sich von Zeit zu Zeit von der Consistenz der Ganglien selbst zu überzeugen, wobei man den erforder-

lichen Grad der Erweichung auszuprobiren genöthigt ist. In der Regel färbte ich diese Flüssigkeiten mit Carminlösung, weil die Objecte alsdann bei der Aufbewahrung sehr viel deutlicher bleiben.

Ob das auf diese Weise behandelte Präparat geeignet sei bei der Isolation günstige Objecte zu liefern, kann man nun sogleich beurtheilen. Bietet nämlich der Inhalt der einzelnen Ganglienknoten einen zusammenhängenden, elastischen Klumpen dar, welchen man *in toto* aus der bindegewebigen Umhüllung unversehrt herausbefördern kann, und zeigt es sich, dass die Theile dieser zusammenhängenden Masse, bei Versuchen sie mit Nadeln gelinde auseinanderzudehnen, ein beträchtliches Streben besitzen, in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren, so kann man ziemlich sicher sein, ganz vorzügliche Präparate zu erhalten. Erweist sich dagegen der Inhalt der Ganglien, was freilich sehr häufig der Fall ist, als eine weiche, sehr leicht in einzelne Partikeln zerfallende Masse, so kann man das Präparat schon ohne mikroskopische Untersuchung als misslungen ansehen.

Es ist nun das so eben geschilderte Verfahren freilich ziemlich verwickelt und zeitraubend, und gelingt, wie hinzugesetzt werden muss, auch durchaus nicht in jedem Falle, da ein jeder der einzelnen Acte ziemlich viele Zufälligkeiten, welche nicht im voraus zu bestimmen sind, in sich schliesst, so dass z. B. völlig bestimmte Angaben über die erforderliche Zeitdauer nicht im Allgemeinen gegeben werden können. Indessen, wenn man sich durch eine grosse Anzahl misslingender Versuche nicht abschrecken lässt, so sind die in einzelnen glücklichen Fällen gewonnenen Objecte, wie man aus den beigefügten bildlichen Darstellungen wohl ersehen wird, von so ausserordentlicher Schönheit, dass man sich für den Aufwand von Zeit und Mühe reichlich belohnt findet.

Betrachten wir nun die an derartig gewonnenen Präparaten sich darbietenden Verhältnisse im Einzelnen, und wählen wir zunächst, um uns vorläufig zu orientiren, eine ziemlich instructive Stelle eines wohlgelungenen Präparates zum Ausgangspunct, welche ich in Fig. 4. bei schwacher Vergrösserung wie-

derzugeben versucht habe. Es zeigt sich hier zunächst im oberen Theile des Objectes eine noch in ihrem Zusammenhange gebliebene und durch die Isolation nicht völlig auseinandergelegte Masse aus dem Inneren eines Ganglion. Sie erscheint hier wieder als eine derartige scheinbar granulöse centrale Masse, umgeben von einer peripheren Zone von Ganglienkörpern verschiedener Grösse. Aber es zeigt jetzt bereits diese, auf den ersten Blick granulös erscheinende Masse ein ganz anderes Verhalten als im frischen Zustande, denn es lässt sich erkennen, dass der grösste Theil derselben aus dicht gedrängten Fasergebilden besteht, in welchen wir zum grössten Theil Zellenfortsätze erkennen, welche sich von den Zellkörpern aus ganz beträchtlich weite Strecken in das Innere dieser Masse hinein verfolgen lassen. Daneben lassen sich noch feinere Faserzüge innerhalb derselben, sowie überall an der Umgrenzung zwischen den Ganglienzellen hervorragende, isolirte feinere und feinste Fasern erkennen, über deren Bedeutung sich vorläufig noch nichts sagen lässt. Fassen wir nun den unteren Theil des Objects ins Auge, so zeigt sich hier die Isolation besser gelungen, indem die einzelnen Elemente hinreichend von einander getrennt erscheinen, um sie einzeln durchmustern zu können. Wir begegnen nun hier einem labyrinthisch verschlungenen Gewirre von Fasern der allerverschiedensten Breite, von meistentheils sehr bedeutender Länge. Der grösste Theil dieser langen Fasern, wenigstens alle von etwas beträchtlicherer Breite, lässt sich sofort als Ganglienzellenfortsätze erkennen, während nur hier und da breitere Fasern erscheinen, welche von den zugehörigen Zellen bei der Isolation abgerissen worden sind, im Uebrigen aber in ihrem ganzen Verhalten den Zellenfortsätzen völlig gleichen. Auch Theilungen derartiger Fasern sieht man bereits an manchen Stellen auftreten. Neben diesen gröberen, unmittelbar von den Ganglienzellen ausgehenden Fasern zeigt sich jedoch in deren Zwischenräumen noch eine ausserordentliche Menge feinster Fasern, deren Ursprung nicht ersichtlich ist, bald mehr in parallelen Zügen angeordnet, bald ein überaus reichliches, feines Netzwerk mannigfach sich durchkreuzender Fäserchen bildend. Es erscheint somit

hier, wo die Theile mehr auseinandergebreitet worden sind, die anscheinend granulöse Masse auf das Vollkommenste in dicht aneinandergedrängte Fasergebilde aufgelöst, wobei nur zu bemerken ist, dass nur hier und da zwischen den Fasergebilden minimale Mengen einer sehr feinen, punctförmigen Substanz übrig geblieben sind, über deren Bedeutung später zu sprechen ist.

Analysiren wir nun die Einzelnheiten dessen, was wir so eben im Ganzen überblickten, genauer, und beginnen wir zunächst damit, die Präparate in Bezug auf die darin enthaltenen, völlig isolirten Ganglienkörper zu durchmustern. Es bietet sich hier die erfreuliche Thatsache dar, dass dieselben fast ohne Ausnahme ihre Fortsätze, und zwar oftmals auf ganz überraschende Entfernungen erhalten zeigen. So geben z. B. derartige Objecte, wie sie Fig. 7. u. 8. dargestellt werden konnten, die ziemliche Gewissheit, dass hier Zellen isolirt wurden, deren Fortsätze bis in die Nervenstämme hinein erhalten bleiben. Das Object, welches in Fig. 7. dargestellt ist, besitzt z. B. (wie die in der Figurenerklärung im Einzelnen beigefügte mikrometrische Messung lehrt) im Ganzen, wenn man den Körper der Zelle und die Krümmungen des Fortsatzes mitrechnet, eine Länge von über 1 Mm., ein Durchmesser, welchen die einzelnen Ganglienmassen selbst der grössten Individuen von *Limnaeus* kaum erreichen dürften. Nun gehen aber die eintretenden Nervenstämme durch die peripherische Schicht der Ganglienknoten hindurch und lassen sich bis in die Mitte derselben leicht hinein verfolgen. Wir haben also in diesem Falle, selbst wenn wir die ungünstigsten Verhältnisse für eine derartige Annahme setzen, d. h. wenn wir annehmen, diese Ganglienzelle habe dem Eintritte des Nervenstammes diametral gegenüber ihre Lage gehabt, die Gewissheit, den Fortsatz derselben eine sehr bedeutende Strecke weit in die Nervenwurzel hinein verfolgt zu haben. Setzen wir günstigere Verhältnisse, so ist es dagegen in hohem Grade wahrscheinlich, dass der rechte Theilungsast desselben sogar eine Strecke weit aus dem ausserhalb des Ganglion gelegenen Theile des Nervenstammes hervorgezogen wurde.

In Betreff der äusseren Form der Zellen sei hier bemerkt, dass sie wesentlich bedingt ist durch die Anzahl und Anordnung der Fortsätze, so dass, wie wir bei der Schilderung dieser Verhältnisse sehen werden, hier eine grosse Mannichfaltigkeit herrscht, in Bezug auf welche ich einfach auf die beigefügten Zeichnungen verweise, welche dieselbe wohl besser als eine weitschweifige Beschreibung erläutern werden. Ebenso verweise ich hinsichts der Grössenangaben, um nicht die Darstellung oftmals unterbrechen zu müssen, auf die in der Figurenerklärung gegebene mikrometrische Messung der einzelnen dargestellten Objecte.

Wir gehen somit gleich zu der näheren Betrachtung der Anzahl und des Verhaltens der Ganglienzellenfortsätze über, über welche wir jetzt zum ersten Male etwas Genaueres zu ermitteln in der Lage sind. Es wird hier zunächst erforderlich sein, einige Andeutungen zur Verständigung über die vielgebrauchten Begriffe der Uni- oder Multipolarität der Ganglienzellen vorauszuschicken. Will man z. B. als unipolar im strengeren Sinne nur derartige Zellen bezeichnen, welche nur einen einfachen und auch stets einfach bleibenden Fortsatz durch das Ganglion hindurch in einen Nervenstamm hineinschicken und somit nur einer einzigen Nervenfaser zum Ursprunge dienen, so werden wir uns bald überzeugen müssen, dass derartige Zellenformen, wie man sie früher und grossentheils wohl auch jetzt noch in grosser Allgemeinheit den wirbellosen Thieren zuschrieb, im Centralnervensystem unserer Thiere entweder gar nicht, oder doch nur in sehr beschränkter Weise existiren. Denn alle irgendwie erheblichere Grösse besitzenden Ganglienzellen, deren Fortsätze man auf ansehnlichere Strecken weit isolirt erhalten kann, zeigen ein ganz anderes Verhalten. Soll dagegen der Ausdruck unipolar weiter nichts als den blossen äusseren Habitus, die unmittelbare äussere Erscheinungsform der Ganglienzelle bezeichnen, derart also, dass man diejenigen darunter versteht, bei welchen der Zellkörper sich nur nach einer Richtung hin in einen an seinem Ursprunge einfach erscheinenden Fortsatz verlängert, mag nun das spätere Verhalten desselben sein welcher Art es wolle, so

werden wir derartige Zellenformen sehr häufig vertreten finden. Jedenfalls aber erscheint es als angemessen und um einer möglichen Verwirrung vorzubeugen als erforderlich, hier lieber statt der einfachen Bezeichnung unipolar, von einem unipolaren Habitus der Zellen zu sprechen, da es ja für das Wesen der Sache von untergeordneter Bedeutung sein dürfte, welche äussere Erscheinungsform eine Zelle an sich trägt, zumal sich überhaupt der Habitus derselben als äusserst mannigfach und der vielfachsten Variationen fähig zeigt.

Untersuchen wir zunächst die grösseren, überall in schönster Erhaltung sich darbietenden Zellen näher, so finden wir hier allerdings den unipolaren Habitus durchaus vorwiegend. Doch hat dieses wohl bestimmte, in der äusseren Anordnung dieser Ganglienzellen beruhende Gründe. Wie nämlich bereits mehrfach hervorgehoben wurde, liegen diese grösseren Formen stets an der äusseren Umgrenzung der kugligen Ganglienmassen, und da nun die Nervenwurzeln in der Mitte derselben liegen, so müssen die Fortsätze aller peripherischen Zellen, um in dieselben hinein zu gelangen, eine radiär nach dem Centrum führende Richtung einschlagen, da nach der Seite, wo die Zellen der bindegewebigen Umhüllung angrenzen, keine Nervenbahn nach irgend welcher Richtung hinführt.

Was zunächst die ganz kolossalen Ganglienkörper anlangt, wie sie in den grösseren mittleren, von G. Walther als sympathische bezeichneten Abtheilungen des Centralnervensystems von *Limnaeus* und *Planorbis* in beschränkter Anzahl vorkommen, so werden dieselben ihrer Grösse halber natürlich sehr leicht von den isolirenden Instrumenten verletzt, wo man denn ihre kolossal breiten, von dem Zellkörper abgerissenen Fortsätze mitunter in grosser Länge erhalten findet, und an denselben die reichhaltigen Theilungen, welche später genauer zu beschreiben sind, mitunter in grösstem Maassstabe beobachten kann. Einmal indessen gelang es mir, eine derartige kolossale Zelle mit ziemlich weit erhaltenem Fortsatze zu erhalten (vgl. Fig. 9), welcher als eine erstaunlich breite Faser eine Strecke weit isolirt sich zeigte, um sich dann in einen Haufen noch unentwirrter Ganglienmasse hineinzubegeben, wo man als-

dann (vgl. Fig. 9 a.) einen wahrscheinlichen Theilungsast desselben nur ziemlich undeutlich erkennen konnte.

Die zunächst folgenden, noch immer äusserst ansehnliche Dimensionen darbietenden Ganglienkörper lassen nun bereits in dem Verhalten ihrer Fortsätze eine sehr bedeutende Mannichfaltigkeit erkennen. Denn obgleich man, wenn man die beigegebenen Zeichnungen vergleicht, welche im wesentlichen die meisten der hier auftretenden Formen wiedergeben dürften, auch hier die unipolare Erscheinungsform ganz vorwiegend repräsentirt findet, so sieht man doch überall, wo nur die Fortsätze in genügender Länge an den Zellen erhalten blieben, selbst da, wo dieselben sehr lange einfach bleiben, oftmals noch in ausserordentlicher Entfernung von dem Körper der Zelle dichotomische Theilungen an denselben auftreten (vgl. Fig. 7. 8.), und es ist mir niemals begegnet, dass in solcher Länge erhaltene, breite Zellenfortsätze ohne alle Theilung geblieben wären. Ganz abzusehen ist hierbei noch von den feinsten Verzweigungen, welche diese Fortsätze, ohne dadurch an Breite merklich zu verlieren, fast auf jeder Strecke ihres Verlaufes durch die Nervencentren meistentheils abgeben, und welche erst später näher werden berücksichtigt werden. Derartige Zellen sind nun freilich, da man ihre Fortsätze niemals in genügender Länge isolirt erhielt, um über das endliche Schicksal derselben mit Bestimmtheit urtheilen zu können, immer als unipolare angesehen worden. Indessen hat man, wie sich nunmehr ergeben wird, wohl keinen Grund, diese Zellenformen von denjenigen zu trennen, bei welchen die Theilungen der Fortsätze bereits näher an die Zelle selbst heranrücken. Denn man findet alle möglichen Uebergänge von da an, wo der ursprünglich einfache Fortsatz auch noch in beträchtlicher Länge einfach fortläuft, bis zu denjenigen Fällen, in welchen die Theilungsstelle bereits unmittelbar am Körper der Zelle selbst befindlich ist, während noch immer der unipolare Habitus in der Art sich geltend macht, dass diese Fortsätze einseitig von der Zelle nach derselben Richtung hin abgegeben werden. So sieht man z. B. (Fig. 10.), eine gar nicht selten auftretende Erscheinungsform, zwei dicht nebeneinander liegende, ziemlich

breite Fortsätze unmittelbar vom Zellkörper ausgehen, welche in Folge der Präparation an ihrem Ursprunge spiralig um einander gedreht erscheinen. Daneben habe ich (Fig, 11.) eine andere Ganglienzelle dargestellt, bei welcher die beiden, von derselben entspringenden, breiten Fortsätze an ihrem Ursprunge noch eine kurze Strecke vereinigt bleiben. Bisweilen kommt es nun (vgl. Fig. 13.) selbst vor, dass die Anzahl der auf diese Weise dicht nebeneinander von der Zelle abgegebenen Fortsätze noch grösser wird, indem in dem dargestellten Falle drei ansehnliche, ziemlich gleich breite Fortsätze von der Zelle abgehen. Alle diese Formen vereinigen sich noch ziemlich mit dem unipolaren Habitus, indem die ganze Ausläufermasse, mag sie nun sofort am Ursprunge getrennt erscheinen, oder erst nach kürzerem oder längerem einfachen Verlauf sich theilen, doch immer an einem ganz bestimmten Puncte von der Zelle entspringt.

Allein dem gegenüber kommen auch einzelne Fälle, wenngleich nicht gerade häufig, vor, in denen derartige grosse Ganglienzellen auch in ihrer äusseren Erscheinungsweise durchaus multipolar sich zeigen, wie es z. B. in dem Fig. 6. dargestellten Objecte der Fall ist. Denn hier treten zwei an ihrem Ursprunge gänzlich getrennte, weit von einander entfernte, sehr breite Fortsätze auf, von denen der eine bereits nach kurzem Verlauf reichhaltige, weitere Theilungen zu zeigen beginnt.

Durchmustern wir nun noch, um einen Ueberblick über die Gestaltungsverhältnisse aller in den Nervencentren vorkommenden Ganglienzellen zu erlangen, die mehr im Inneren derselben vorkommenden, kleineren Zellenformen. Was zunächst diejenigen von mittlerer Grösse, bis etwa 0,03 Mm. Durchmesser herab, betrifft, so finden wir hier dieselbe, ja noch grössere Mannichfaltigkeit in der äusseren Gestaltung, als bei den grossen Zellen. Denn es tritt nunmehr bei diesen auch der entschieden multipolare, äussere Habitus, welcher dort nur ausnahmsweise zu bemerken war, zu Tage, so dass mehrere Fortsätze nach verschiedenen Richtungen hin von dem Körper der Zelle abgehen (vgl. z. B. Fig. 15. 16. 19.). Es ist dieses Vorkommen entschieden multipolarer Zellen in den Nervencentren

wirbelloser Thiere wohl zuerst von G. Walther (a. a. O.) bemerkt worden, und in Betreff der Mollusken kann ich daher diese Thatsache durchaus bestätigen. Zu weit freilich scheint Walther zu gehen, wenn er die multipolaren Zellen, welche, wie er richtig bemerkt hat, stets im Inneren der Nervencentren sich finden, nach Aussen dagegen fehlen, in einen völligen Gegensatz zu den übrigen Zellenformen stellt und auf einen irrthümlicher Weise angenommenen directen Zusammenhang derselben mit unipolaren Zellen, denselben einen völlig verschiedenen physiologischen Werth beilegt.

Die Fortsätze dieser multipolaren Zellen zeigen nun, wo man sie recht schön erhalten findet (vgl. bes. Fig. 19,), ein verschiedenes Verhalten an derselben Zelle. Bald nämlich theilen sie sich schon nach kurzem Verlauf gänzlich in ungemein feine Fasern, so dass der am Ursprung breit erscheinende Fortsatz sich gänzlich in jenes feine, überall in den Nervencentren vorhandene Fasersystem auflöst, bald verlaufen sie in sehr grosser Länge, ohne sich aufzulösen, mit ziemlich gleich bleibender Breite fort, wobei sie nur hin und wieder vereinzelt sehr feine Fibrillen abgeben, ohne dadurch sichtlich an Breite abzunehmen, so dass hier in kleinerem Maassstabe ganz dieselben Verhältnisse auftreten, als an den breiten Fortsätzen der grossen Zellen. Wir finden daher hier im Wesentlichen dieselben Umstände als dort, mit der unwesentlich erscheinenden Ausnahme, dass hier ein Theil des feinen Fasersystems, anstatt von den breiten Zellenfortsätzen allein zu entspringen, direct von dem Körper der Ganglienzelle ausgeht. Niemals jedoch findet ein directer Zusammenhang der multipolaren Zellen mit anderen Ganglienzellen Statt, was später noch näher zu erörtern sein wird, und es muss daher ein derartiger Gegensatz derselben zu den anderen Zellenformen als unbegründet erscheinen.

Neben diesen ausgesprochen multipolaren Zellen finden sich jedoch auch unter den mittleren und kleineren Nervenzellen sehr zahlreich solche von durchaus unipolarer Gestaltung vor. Man sieht ihre Fortsätze (Fig. 4.) als einfache Fasern von der Zelle abgehen und meistentheils sehr beträcht-

liche Strecken weit mit fast gleichbleibender Breite unverzweigt fortlaufen, so dass es hier in vielen Fällen unentschieden bleiben muss, ob sie direct in die Nervenstämme eintreten oder etwa sich doch noch zuvor dichotomisch theilen. Indessen bei dem fast gesetzmässigen Auftreten dichotomischer Theilungen an den breiten Fortsätzen überall, wo sie sehr lang an der Zelle erhalten bleiben, und da dichotomische Theilungen auch an derartigen schmaleren Fasern sehr häufig beobachtet werden, ist es auch hier wohl als sehr wahrscheinlich anzunehmen, dass auch diese mittleren, unipolaren Zellen in der Regel mehr als einer breiten Nervenfaser den Ursprung verleihen. Ob auch hier, wie bei den breiten Axencylindern der grossen Zellen, auf dem Verlauf durch die Nervencentren in allen Fällen feinste Fäserchen abgegeben werden, kann ich nicht mit Bestimmtheit behaupten, da man etwas Derartiges an diesen schmaleren Fasern nur in einzelnen Fällen beobachtet. Doch finden sich auch sehr häufig sehr breite Axencylinder, an welchen die feinsten Verzweigungen nicht erhalten worden sind, was bei ihrer grossen Zartheit leicht erklärlich ist, und es lässt sich also ein solches Verhalten nicht bestimmt in Abrede stellen.

Was endlich die kleinsten unzweifelhaften Ganglienzellen anbetrifft, so schwindet hier durchweg jede Verschiedenheit der äusseren Form. Dieselben erscheinen stets unipolar, denn was die von Walther als „kleinste bipolare Zellen" angeführten Gebilde anlangt, so erscheint ihre gangliöse Natur mindestens als sehr zweifelhaft. Die Fortsätze dieser kleinsten unipolaren Ganglienzellen sind von unmessbarer Feinheit und erreichen meist kaum den Breitendurchmesser der von den breiten Axencylindern ausgehenden feinen Verzweigungen. Welches das weitere Schicksal dieser äusserst feinen Fortsätze ist, ist kaum möglich mit genügender Sicherheit zu ermitteln; es scheint in der That, dass dieselben einfach bleiben und öfters in parallelen Bündeln in die Nervenstämme eintreten. Obgleich es daher sehr wahrscheinlich ist, dass der Antheil der Nervenstämme an feinsten Nervenfasern von den Fortsätzen dieser kleinsten Zellen herstammt, so ist doch der Verlauf so äus-

serst zarter, unmessbar feiner Fäserchen so schwierig zu ermitteln, dass sich diese Vermuthung durch unmittelbare Beobachtung nicht wohl feststellen lässt.

Nachdem wir nun auf diese Weise alle in dem Centralnervensystem unserer Thiere vorkommenden Nervenzellen einer vorläufigen Prüfung unterworfen haben, ergiebt sich die bemerkenswerthe Thatsache, dass bei den Zellen fast aller Grössenkategorien die bedeutendsten Verschiedenheiten der äusseren Form sich darbieten. Denn während man z. B. bei den grossen Ganglienzellen allerdings in der Mehrzahl der Fälle den unipolaren Habitus antrifft, so geht doch auch hier bereits derselbe, durch eine Zwischenstufe mannichfacher Variationen, in einzelnen Fällen in das entschieden multipolare Verhalten über. Für unipolar im strengeren Sinne kann dagegen keine einzige der grösseren Zellen angesehen werden, da die breiten Fortsätze derselben sich stets theilen und in mindestens zwei, mitunter selbst eine grössere Anzahl breiter Nervenfasern continuirlich sich verlängern. Viel zahlreicher dagegen treten entschieden multipolare Formen unter den mittleren und kleineren Zellen mehr im Inneren der Ganglienknoten auf, ohne dass jedoch auch hier unipolar erscheinende Zellen fehlten. Als allgemein gültig kann daher für alle diese Ganglienzellen von *Limnaeus* und *Planorbis*, mit Ausnahme der kleinsten unipolaren Formen, behauptet werden, dass, welches auch die äussere Form derselben sei, stets zum mindesten eine relativ breit bleibende und in die Nervenstämme eintretende Faser neben einer grossen Menge in das feine Fasersystem der Nervencentren übergehenden, feinsten Fibrillen, aus denselben hervorgeht.

Wir wenden uns nun zu einer eingehenderen Prüfung des Verhaltens der Nervenzellenfortsätze, wobei wir zunächst die sehr breiten Fortsätze der grossen Zellen zum Ausgangspunct der Betrachtung wählen, weil einerseits die Verhältnisse, welche an den schmaleren Fasern der kleineren Zellen in kleinem Maassstabe sich wiederholen, hier am bequemsten und leichtesten erkannt werden können, andererseits diese breiten Axencylinder auf ausserordentliche Strecken weit isolirt erhalten

werden können. Wir sehen vorläufig von den mannichfachen Theilungen derselben noch ab und erörtern hier zunächst, was sich über ihre Form und über ihre innere Constitution ermitteln lässt.

Die äussere Form betreffend, so gilt hier als ausnahmslose Regel, dass überall diese breiten Fortsätze nicht als runde cylindrische Fäden, sondern als sehr stark abgeplattete, homogene Bänder erscheinen. Dass dieses Verhalten ganz allgemein ist, sieht man aus den Umständen, welche eintreten, wenn diese kolossalen Axencylinder (denn als solche müssen wir dieselben bezeichnen) in Folge der Präparation um ihre Axe gedreht erscheinen. Dergleichen Drehungen der Fortsätze treten aber in Folge der Präparation sehr häufig und an vielfachen Stellen ihres Verlaufs ein, was aus der Natur der Sache leicht begreiflich ist, wenn man bedenkt, dass dieses eintreten muss, wenn man ein sehr langes und elastisches Band aus einem dichten Fasergewirr hervorzieht. Man wird daher kaum irgend einen derartigen breiten Axencylinder antreffen, welcher nicht an einer oder mehreren Stellen derartige Drehungen zeigte. Es treten nun überall an solchen Stellen plötzliche Unregelmässigkeiten auf, welche sich nur durch die Annahme einer stark abgeplatteten, bandförmigen Gestalt der Axencylinder erklären lassen. Denn die bis zu einer solchen Stelle mit unveränderter Breite fortlaufende Faser erscheint hier ganz plötzlich oft mehr als um die Hälfte verschmälert, um sich oberhalb der gedrehten Stelle mit ihrer ursprünglichen Breite weiter fortzusetzen, indem man hier das Band nicht von der breiten Fläche, sondern zum Theil auf der schmalen Kante stehend erblickt. Dass es sich in diesen Fällen eben um eine Drehung handelt, erkennt man sehr bestimmt aus der spiralig über diese Stellen fortlaufenden Randcontur des Axencylinders. Ich verweise zur Erläuterung dieser Verhältnisse auf die beigegebenen Zeichnungen, in welchen man an manchen Stellen derartige Vorkommnisse leicht herausfinden wird.

Es ist übrigens hinzuzufügen, dass diese stark abgeplattete, bandförmige Gestalt an den Fortsätzen keinesweges nur dann auftritt, wenn die Schlundganglien zuvor in Chromsäure er-

härtet worden sind, denn ich habe sie auch häufig an Objecten bemerkt, welche keinerlei Erhärtung ausgesetzt worden waren (vgl. Fig. 5. u. 6.). Es sind endlich noch die Faltenbildungen zu erörtern, welche an dergleichen Stellen an den Axenbändern wahrzunehmen sind. Ueberall da nämlich, wo dieselben flach ausgebreitet mit gleichmässiger Breite fortlaufen, bemerkt man niemals eine Streifung oder die geringste Andeutung einer inneren Differenzirung an denselben, es erscheinen dieselben vielmehr, mögen sie nun nach Chromsäurebehandlung oder durch einfache Maceration erhalten sein, vollkommen homogen. Dagegen tritt an den Stellen, wo das Band um seine Axe gedreht worden ist, eine gröbere und feinere, spiralige Streifung an demselben hervor. Die gröberen derselben sind, wie man sich leicht überzeugen kann, keine eigentlichen Falten, sondern vielmehr die im Profil gesehenen Seitenränder der Achsenbänder selbst, in welche sie oberhalb und unterhalb der gedachten Stellen stets unmittelbar sich fortsetzen. Dagegen ist die überaus feine, parallele, spiralige Streifung der Axenbänder an solchen Stellen in der That der Ausdruck von sehr feinen und durch die Drehung bewirkten Falten, wie man sich mit Bestimmtheit überzeugen kann, da nirgends eine Spur von Streifung auftritt, wo dieselben flach ausgebreitet sich zeigen.

Die so eben geschilderte bandartige Form zeigen nun übrigens nicht allein die Nervenzellenfortsätze während ihres ganzen Verlaufes durch die Nervencentren, sondern auch, wie man sich leicht überzeugen kann, sämmtliche breite Primitivfasern der peripheren Nervenstämme, welche sich somit auch in dieser Hinsicht als unmittelbare Verlängerungen der ersteren erweisen. Zerfasert man nämlich Nervenstämme, welche nahe den Ganglien abgerissen sind, so bemerkt man auch hier (Fig. 20. c. d. e) sehr ansehnlich breite Fasern aus dem Inhalte derselben hervorragen, welche sich in allen Einzelnheiten den Nervenzellenfortsätzen innerhalb der Ganglien vollkommen analog verhalten.

Aus Leydig's Untersuchungen geht übrigens hervor, dass die bandartige Form der fasrigen Elemente des Nervensystems bei den Wirbellosen wohl in allgemeinerer Weise vorkommt.

Die Nervenfasern der Anneliden wenigstens scheinen nach jenem Autor[1]), wie es ihm an Querschnitten des Bauchstranges auffiel, durchweg diese Form zu besitzen, und es dürfte wohl zu vermuthen sein, dass überall da, wo die Nervenprimitivfasern als nackte Axencylinder bei den Wirbellosen auftreten, dieselben auch in Bandform erscheinen. Für die kolossalen Nervenfasern von *Astacus*, welche Schwann'sche Scheiden besitzen, ist wenigstens aus den darüber gemachten Angaben nichts zu entnehmen, welches hier auf eine derartige Form schliessen liesse.

Wir haben in der vorangehenden Darstellung die Ganglienzellenfortsätze sowie deren unmittelbare Verlängerungen als Nervenprimitivfasern wiederholt als Axencylinder bezeichnet und haben diese Bezeichnung hier noch näher zu rechtfertigen. Es wurde bei der Untersuchung der Theile im frischen Zustande hervorgehoben, dass sowohl die Substanz der Ganglienzellenfortsätze, als diejenige der Nervenfasern völlig übereinstimmend sich zeigt mit der hyalinen Grundsubstanz der Ganglienzellen, und letztere sich somit als einfache Verlängerungen derselben in Form breiter, bandartiger Streifen erweisen. Es wurden dort die Gründe erörtert, weshalb an den Ganglienzellen eine structurlose Hülle nicht wohl angenommen werden kann, und es muss hier hinzugefügt werden, dass an den Fortsätzen, soweit man sie irgend verfolgen kann, sowie an den Nervenfasern, die aus den peripheren Stämmen hervorragen, niemals etwas wahrzunehmen ist, was darauf hindeuten könnte, dass hier eine structurlose Scheide hinzuträte. Denn es ist zwar die äussere Contur dieser Fasern, da sie aus einer stark lichtbrechenden Substanz bestehen, stets sehr scharf begrenzt, aber immer erscheint sie als einfache, scharfe Linie. Auch ist an den abgerissenen Enden dieser sehr breiten Fasern niemals etwas wahrzunehmen, was auf eine zerrissene structurlose Hülle bezogen werden könnte. Wurden die Axencylinder ohne Anwendung von Chromsäure durch einfache Ma-

1) S. Leydig: Ueber das Nervensystem der Anneliden. Dieses Archiv 1862 S. 12.

ceration isolirt, wobei dieselben sehr weich und biegsam bleiben und durch Flüssigkeitsströmungen unter dem Deckgläschen hin und her gebogen werden, so erscheinen die freien Enden derselben nicht gerade abgerissen, sondern leicht abgerundet oder auch gleichmässig kolbig angeschwollen, ohne dass jedoch auch hier jemals der Anschein einer aus einer Röhre austretenden Inhaltsmasse sich darbietet. Ganz dasselbe, was so eben von den Ganglienzellenfortsätzen ausgesagt worden ist, gilt auch von den breiten Nervenfasern. Es erscheint somit als durchaus gerechtfertigt, diese hüllenlosen, aus einer durchaus gleichartigen, weichen, eiweissartigen Masse bestehenden Fasern als nackte Axencylinder zu bezeichnen und sie in jeder Hinsicht dem Axencylinder der markhaltigen Nervenfasern der Wirbelthiere gleichzustellen. Bemerkenswerth ist nun, dass die an jenem Gebilde bereits lange erkannte bandartige Form auch bei diesen kolossalen Axencylindern in grösster Allgemeinheit überall wahrgenommen wird.

Ebenso wie die so eben geschilderten, sehr breiten Fortsätze der grossen Zellen verhalten sich im Wesentlichen auch die schmaleren Fasern, welche von den kleineren Ganglienzellen entspringen, nur dass man hier die Einzelnheiten weniger klar und bequem erkennt, bis endlich an den unmessbar feinen Fortsätzen der kleinsten unipolaren Zellen keine Spur eines weiteren Details mehr wahrzunehmen ist. Es ist aus der ungemeinen Grössenverschiedenheit der Zellen leicht ersichtlich, dass, — abgesehen von den feinsten Verzweigungen, die Breite der relativ breit bleibenden und in die Nervenstämme eintretenden Fasern von jenen sehr breiten Axencylindern der grossen Zellen abwärts bis zu den feinen Fasern, in welche die kleinsten Zellen auslaufen, — alle nur denkbaren Zwischenstufen sich darbieten.

Es bleibt schliesslich noch übrig, die Theilungen der Nervenzellenfortsätze, sowie ihr schliessliches Uebergehen in die Nervenprimitivfasern genauer ins Auge zu fassen. Wir lassen hierbei die feinsten, überall von den Zellenfortsätzen auf ihrem Verlauf durch das Ganglion abgehenden Fasern vorläufig

noch ausser Acht und untersuchen zunächst die Theilungen der breiten Fasern selbst.

Es ist bereits mehrfachen Ortes darauf hingewiesen worden, dass die breiten, von den grossen Ganglienzellen herkommenden Axenbänder niemals einfach durch die Ganglien hindurch in die peripheren Nervenstämme eintreten, sondern auf diesem Verlaufe sich stets theilen. Oftmals scheint es hier allerdings auch bei Ganglienzellen, welche zu den grossen gerechnet werden müssen, vorzukommen, dass nur eine einzige dichotomische Theilung ihres breiten Fortsatzes im Inneren des Ganglion vorhanden ist (vgl. Fig. 7. 8.) Doch scheint zum mindesten eine dichotomische Theilung stets vorhanden zu sein, wenigstens sind mir in sehr bedeutender Länge erhaltene Axenbänder ohne jegliche Theilung niemals begegnet. Die Theilungsstelle kann nun in der That mitunter sehr weit von der Ganglienzelle entfernt liegen, so dass derartige Fortsätze wohl unzweifelhaft bis in die Nervenwurzel im Inneren des Ganglion hinein ungetheilt bleiben, indessen berechtigt dieser Umstand wohl nicht, derartige Zellenformen als irgend wesentlich verschieden von denjenigen anzusehen, bei welchen derartige Theilungen schon nahe an der Zelle selbst stattfinden. Die in der grössten Mehrzahl der Fälle auftretende Art dieser Theilungen ist, wie bemerkt, die dichotomische Verzweigung, in der Art, dass das breite Band sich plötzlich in zwei nahezu gleich breite Aeste theilt, welche in einem Winkel auseinander gehen. Indessen kommt es mitunter vor, dass der eine der beiden Theilungsäste den anderen nicht unbedeutend an Breite übertrifft, sowie auch mitunter die Summe beider etwas breiter zu sein scheint, als der Stamm der Faser vor der Theilung. In nicht seltenen Fällen sah ich übrigens auch eine sonderbare Unregelmässigkeit bei diesen Theilungen, indem der eine Theilast mit einem auffallend verbreiterten plattenartigen, so zu sagen schwimmhautartigen Ursprunge von dem Stamme abging (vgl. die kleinere Ganglienzelle in Fig. 7.). Indessen gleichen sich derartige Unregelmässigkeiten an der Theilungsstelle späterhin aus, indem die Fasern sich in ihrem weiteren Verlaufe allmälig verschmälern.

Bei sehr breiten Axenbändern grosser Ganglienzellen kommt nun ausser den so eben beschriebenen, dichotomischen Theilungen mitunter noch eine andere Theilungsweise vor, indem diese erstaunlich breiten Fortsätze gleichzeitig auf einmal in eine grössere Anzahl neben einander befindlicher, breiter Bänder sich spalten, deren Breite alsdann sehr verschieden sein kann. Ein solches Verhalten begegnete mir an der in Fig. 6. dargestellten, sehr grossen Ganglienzelle, und dass es sich hier nicht etwa um eine unregelmässige Zerfaserung des freien Endes des Fortsatzes handelte, bewies der Umstand, dass der eine der Endäste anfänglich in eine sehr lange bandförmige Faser auslief, welche später leider, als das Object gezeichnet wurde, durch einen Zufall kürzer abgerissen war. Auch war das Schlundganglion, aus welchem die Zelle isolirt wurde, nicht in Chromsäure erhärtet worden, und eine derartige longitudinale Zerfaserung bei der weichen Beschaffenheit des Fortsatzes nicht gut möglich. Indessen scheinen derartige fingerförmige Theilungen in der That ziemlich selten und nur bei Fortsätzen von ganz bedeutender Breite vorzukommen, da ich sie an schmaleren Fasern niemals bemerkte.

Was demnächst die Fortsätze der mittleren und kleineren Ganglienzellen betrifft, so scheinen hier im Grossen und Ganzen analoge Verhältnisse obzuwalten, indem auch an diesen dichotomische Theilungen oftmals bemerkt werden, und zwar liegt hier die Theilungsstelle stets sehr weit von der Zelle ab. Es ist nun freilich bei diesen schmäleren Fasern nur seltener möglich, sie in solcher Länge mit den Ganglienzellen in Verbindung zu erhalten, dass man die Theilungen an denselben gewahr wird, und es muss daher vor der Hand noch als fraglich dahingestellt bleiben, ob es unter den mittleren und kleineren Zellenformen in den Ganglien unserer Thiere manche giebt, welche nur eine einzige, ungetheilte, breit bleibende Faser in die Nervenstämme eintreten lassen und somit auch im strengeren Sinne als unipolar angesehen werden müfsten. Doch mache ich auch hiergegen noch geltend, dass man an den in den Nervenwurzeln befindlichen, schmäleren Primitivfasern sehr häufig dichotomische Theilungen bemerken kann und somit für

die Mehrzahl auch dieser schmäleren Zellenfortsätze schliessliche Theilungen, wenn auch vielleicht erst in den Nervenstämmen, als höchst wahrscheinlich angesehen werden müssen. Um nun die Schilderung des Verhaltens der breiten Zellenfortsätze zu vervollständigen, haben wir uns schliesslich davon zu überzeugen, auf welche Weise sich dieselben in den Anfängen der peripheren Nervenstämme verhalten, denn dass die Theilungsäste derselben direct in die breiten Nervenprimitivfasern sich fortsetzen, geht aus dem bisher Ermittelten mit völliger Sicherheit hervor.

Die Isolation des Inhaltes der peripheren Nervenstämme, zu welcher wir somit jetzt schreiten, bietet nun allerdings erheblichere Schwierigkeiten dar, als diejenige des Inhaltes der Nervencentren. Versucht man nämlich in Chromsäure zuvor erhärtete Nervenstämme zu zerfasern, oder ihren Inhalt aus der dicken Bindegewebsscheide herauszubefördern, so reissen dieselben fast immer in der Quere ab, und es gelingt nicht, diese kurzen Bruchstücke der Länge nach zu zerfasern. Indessen ereignet es sich doch mitunter in günstigen Fällen, dass aus solchen quer durchrissenen Nervenstämmen der fasrige Inhalt eine Strecke weit hervorragt, wobei man alsdann die einzelnen Primitivfasern sehr deutlich erkennen kann. Ein derartiges, zur Erläuterung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse sehr geeignetes Object habe ich in Fig. 20. wiederzugeben versucht, es betrifft einen peripheren Nervenstamm von *Planorbis*, welcher unfern seinem Eintritt in das Ganglion abgerissen war.

Wie man nun sogleich wahrnimmt, besteht der fasrige Inhalt der Nervenstämme keinesweges aus gleich breiten Primitivfasern, sondern vielmehr, wie dieses bereits aus den bisherigen Erfahrungen als höchst wahrscheinlich vorauszusetzen war, aus einem Fasergemisch von den allerverschiedensten Breitendimensionen. Denn man sieht hier (vgl. Fig. 20. c. d. e.) noch Axencylinder von höchst beträchtlicher Breite in den Inhalt des Nervenstammes eintreten, und es zeigen dieselben auch hier noch in allen Einzelnheiten dieselben Eigenthümlichkeiten, welche an den breiten Zellenfortsätzen während ihres Verlaufes

durch die Ganglien zu bemerken waren. Auch diese breiten bandförmigen Nervenprimitivfasern werden durch Imbibition mit Carminlösung vollkommen gleichmässig gefärbt, wie die Fortsätze der Nervenzellen, und zwar reicht diese Färbung unmittelbar bis zur äusseren Begrenzung derselben, was nebst den früher angeführten Gründen gegen die Anwesenheit einer structurlosen Hülle an denselben spricht. Hiernach muss also, wie bereits einmal gesagt worden ist, den Nervenfasern der Mollusken durchaus eine Schwann'sche Scheide abgesprochen und dieselben vielmehr allgemein als hüllenlose Axencylinder bezeichnet werden.

Es bilden nun diese äusserst breiten Axenbänder, wie man sogleich erkennt, nur den geringsten Antheil des fasrigen Inhaltes der Nervenstämme, der grösste Theil wird vielmehr von Fasern von geringerer Breite gebildet, wie es auch leicht aus dem Umstande erklärlich ist, dass eben nur die Ganglienzellen der grössten Art, welche an absoluter Zahl immer gegen die kleineren zurückstehen, noch Endäste von so ansehnlichem Breitendurchmesser in die Nervenstämme hineinzusenden vermögen. Auch diese schmaleren Primitivfasern bieten sehr verschiedene Durchmesser, wie aus der sehr verschiedenen Grösse der Zellen, von welchen sie entspringen, erklärlich ist, doch ist es hervorzuheben, dass die bei weitem überwiegende Masse derselben noch immer eine deutlich sichtliche und mit Genauigkeit zu messende Breite besitzt, mithin Fasern der feinsten, unmessbaren Art, wie sie im Inneren der Nervencentren in so grosser Menge vorhanden sind, nur in sehr geringer Anzahl in den peripheren Nervenstämmen anzutreffen sind. Theilungen sind an den hervorragenden Enden dieser schmäleren Primitivfasern gar nicht selten anzutreffen, und es ist daher als sehr wahrscheinlich anzusehen, dass jene sehr breiten Fasern auch noch innerhalb der Nervenstämme sich noch mannichfach theilen mögen, ehe sie zu ihrer peripheren Ausbreitung gelangen. Doch ist es mir bei den grossen Schwierigkeiten der Zerfaserung bisher noch in keinem bestimmten Falle gelungen, dasselbe zu beobachten.

Es bleibt nun aber, wie hinzuzufügen ist, auch wenn die

Zerlegung des Inhaltes der Nervenstämme in einzelne Fasern vollkommen gut gelungen ist, immer noch eine gewisse Menge einer fein granulirten, auf keine Weise in einzelne Fasern zerlegbaren Substanz zwischen denselben zurück, wie dieses auch im Inneren der Ganglien zu bemerken war. Ich werde später noch auf die Erörterung zurückkommen, in welcher Beziehung diese Punctmasse zu den Fasergebilden des Nervensystems stehen dürfte, bemerke aber hier im voraus, dass innerhalb der Nervenstämme diese, zwischen den Primitivfasern befindliche Punctsubstanz ohne Zweifel erst zum Vorschein kommt, nachdem man dieselben mit erhärtenden Mitteln behandelt hat. Denn im frischen Zustande erscheint der Inhalt derselben durchaus homogen und nur undeutlich längsstreifig, und es unterscheiden sich auf diese Weise die mit Chromsäure behandelten Nerven durch ihre beträchtliche Undurchsichtigkeit von den frisch untersuchten sehr auffallend.

Nachdem nun in dem Voranstehenden die Fortsätze der Ganglienzellen und ihre breit bleibenden Endäste durch die Ganglien hindurch bis in die Nervenstämme hinein verfolgt worden sind, kehren wir nochmals zu dem Inhalte der Nervencentren zurück und haben nun noch schliesslich jenes feinste Fasersystem, welches überall innerhalb derselben verbreitet ist, einer näheren Betrachtung zu unterwerfen. Es ist dieses bei weitem der schwierigste Theil der Untersuchung, denn obwohl man fast in jedem wohlgelungenen Präparate sich von der Existenz desselben sehr bald überzeugen kann, so bietet doch die richtige Beurtheilung des Zusammenhanges der hier obwaltenden Verhältnisse bedeutende Schwierigkeiten dar, was aus der sehr zarten Beschaffenheit dieser feinen nervösen Fasergebilde leicht erklärlich ist, zumal da man genöthigt ist sie aus einem dichten Fasergewirr durch Isolation sich zur Anschauung zu bringen.

In der glücklichsten Lage befindet man sich noch in Hinsicht des Ursprunges dieser feinen Fasern von den Ganglienzellen und deren Fortsätzen, da man denselben an verhältnissmässig zahlreichen Objecten gewahren kann. Die Ursprungsweise derselben ist nun, wie angedeutet, eine doppelte, einmal

nämlich gehen sie, wie an den multipolaren Zellen zu bemerken ist, aus unmittelbar von dem Körper der Zelle entspringenden, ursprünglich breiten Zellenfortsätzen hervor, welche sich gänzlich in derartige feinste Fibrillen auflösen, das andere Mal dagegen entspringen sie nicht unmittelbar von den Ganglienzellen, sondern werden erst von den breiten Fortsätzen abgegeben, wobei sie alsdann gewöhnlich sogleich als sehr feine Fasern sich darstellen, welche oftmals noch in ganz ausserordentlicher Entfernung von der Zelle selbst entspringen, ohne dass die breiten Axencylinder durch die Abgabe derartiger feinster Reiserchen irgend merklich sich verschmälerten. Es ist nun dieses letztere Verhalten durchgehends bei allen grossen Ganglienzellen von unipolarem Habitus vorhanden, und es kommt hier niemals vor, dass feinste Fasern unmittelbar von den Zellen ihren Ursprung nehmen. Obwohl man nun die breiten Axencylinder, welche von diesen grossen Zellen hervorgehen, oftmals ganz ohne jene feinsten Reiserchen antrifft, so ist es doch zu vermuthen, dass hieran nur die leichte Zerstörbarkeit derselben Schuld ist und dass wohl alle diese breiten Axenbänder ausnahmslos auf der grössten Strecke ihres Verlaufes durch die Ganglien mit derartigen feinsten Verzweigungen versehen sind, wie man es an besser erhaltenen Objecten (vgl. Fig. 11. 12. 18.) wahrnimmt. Uebrigens giebt es noch eine zweite Art der Entstehung derartiger feinster Fasern von den breiten Axenbändern, welche sich mehr demjenigen anschliesst, was bei den multipolaren Zellen zu bemerken ist; es kommt nämlich mitunter vor, dass neben den feinsten Reisern auch Theiläste von ziemlich sichtlicher Breite von denselben abgegeben werden (vgl. Fig. 11. 18.), welche eine Strecke weit mit gleicher Breite fortlaufen und dann erst plötzlich in eine ganze Anzahl derartiger feinster Fibrillen sich auflösen, wie es an den Fortsätzen der multipolaren Zellen zu bemerken ist.

Es ist nun noch hinzuzufügen, dass ich die Möglichkeit eines Irrthums in Hinsicht jener feinsten Verzweigungen nicht anerkennen kann, da die hier gegebene Darstellung nur von vollkommen isolirten Objecten hergenommen ist, welche keinen Zweifel über die Deutung der betreffenden Verhältnisse

zuliessen. Feinste Fasern, welche sich mit den breiten Axenbändern kreuzten, waren auch als solche stets mit völliger Sicherheit über dieselben fortlaufend zu erkennen, und sind mithin niemals als Verzweigungen derselben angesehen worden. Ueberdies entspringen diese feinsten Reiser sehr häufig mit einer sichtlichen plattenförmigen Verbreiterung von der breiten Stammfaser, so dass hier im kleineren Maassstabe ganz dasjenige sich wiederholt, was am Ursprunge mancher dichotomischen Theilungsäste zu bemerken ist.

Von allen diesen feinsten Fäserchen lässt sich nun ganz allgemein sagen, dass sie niemals einfach verbleiben, sondern in einer grösseren oder geringeren Entfernung von ihrem Ursprunge sich dichotomisch weiter theilen, so dass aus denselben eine ausserordentlich grosse Anzahl unmessbar feiner Fasern hervorgeht, welche überall mannichfach sich durchkreuzend im Inneren der Nervencentren vorhanden sind. Obwohl man nun diese feinsten Endverzweigungen mitunter ganz beträchtliche Strecken weit mit den Ganglienzellenfortsätzen in Verbindung sieht, so reicht das doch nicht aus, um über ihr schliessliches Weiterverhalten etwas Sicheres muthmassen zu können, und muss man sich daher darauf beschränken, die überall innerhalb des isolirten Inhaltes der Ganglien in grosser Menge erscheinenden, von ihrem Verbande mit den Ganglienzellen abgelösten, feinsten nervösen Fasern einer weiteren Betrachtung zu unterwerfen. Rücksichtlich des äusseren Ansehens dieser feinen Fasern bleibt übrigens hinzuzufügen, dass dieselben je nach der Natur der Flüssigkeit, in welcher dieselben isolirt wurden, mehr oder minder deutlich unregelmässige Varicositäten zu zeigen pflegen, doch habe ich mich nicht weiter bemüht dieselben künstlich hervorzurufen, da über die nervöse Natur derselben wegen ihres Ursprunges kein Zweifel obwalten konnte. Ehe wir nun die sich darbietende Frage nach dem endlichen Schicksal und der Bedeutung dieses feinen Fasersystems näher erörtern, haben wir nun noch eigenthümliche, bisher noch nicht erwähnte Bildungen zu betrachten, die mit demselben im engsten und unmittelbaren Zusammenhange stehen. Prüfen wir nämlich die feinen Faserzüge, welche ne-

ben den breiten Axenbändern überall anzutreffen sind, so bemerken wir an sehr zahlreichen dieser Fasern erhebliche Anschwellungen, welche mit deutlichen ovalen Kernen versehen sind. Es sind diese Bildungen sehr vergänglicher und zerstörbarer Natur, so dass sie nur nach sehr vorsichtiger zuvoriger Chromsäurebehandlung einigermassen in ihren natürlichen Formen sich erhalten finden, und eine etwas zu lange währende Maceration, bei welcher die breiten Axenbänder noch sehr schön zu isoliren sind, reicht hin dieselben zu zerstören und in einen fein granulirten Detritus zu verwandeln. Es sind fast immer langgestreckt spindelförmige Gebilde[1]), welche nach beiden Seiten hin in feinste Fasern unmittelbar sich fortsetzen, oder vielleicht richtiger gesagt in den Verlauf derselben eingeschaltet sind. Die langgestreckt ovalen Kerne, welche sie enthalten, haben einen ziemlich constanten Durchmesser zwischen 0,0056 und 0,0087 Mm.; und die Grösse dieser Kerne bedingt auch diejenige der spindelförmigen Gebilde selbst, indem die ersteren nur von einer ziemlich geringen Menge einer Substanz umgeben sind, welche im Wesentlichen von derselben Beschaffenheit ist als diejenige der nervösen Fasern und nur in der Umgebung des Kernes einzelne, sehr blasse Körnchen eingebettet enthält. Die Kerne enthalten einen oder mehrere sehr feine, punktförmige Nucleoli und werden durch Carminlösung stärker gefärbt als die sie umgebende Substanzschicht.

Die Fasern, in welche diese spindelförmigen Gebilde nach beiden Seiten hin auslaufen, lassen sich oftmals in beträchtlicher Länge isolirt verfolgen und zeigen in der unmittelbaren Nähe der kernhaltigen Anschwellung eine Breite, welche die der feinsten, von den Fortsätzen der Ganglienzellen hervorgehenden Fasern nicht unerheblich übertrifft, doch verschmälern sie sich in weiterer Entfernung wieder zu unmessbarer Feinheit, wobei sie entweder einfach verbleiben oder in näherer oder weiterer Entfernung von der kernhaltigen Anschwellung sich dichotomisch theilen.

Es gleichen somit die Enden dieser von den kernhaltigen

1) S. Fig. 21.

Bildungen herkommenden Fasern in ihrem ganzen Ansehen, sowie durch das Vorhandensein vielfacher Varicositäten auf das Vollkommenste den feinsten Verzweigungen der Ganglienzellen.

Neben diesen in reichlichster Anzahl vorhandenen, regelmässig spindelförmigen Faseranschwellungen giebt es aber noch eine andere Art kernhaltiger, mit den feinsten nervösen Fasern im Zusammenhange stehender Bildungen. Es unterscheiden sich diese letzteren, welche in bedeutend geringerer Anzahl innerhalb der Ganglien anzutreffen sind, dadurch, dass sie nicht einfach in den Verlauf einer Faser eingeschaltet, sondern nach mehrfachen Richtungen hin feinste Fasern von ihnen ausgehen. Es haben dieselben keine regelmässig runde Form, sondern zeigen sich fast immer[1]) als sichtlich abgeplattete, flächenhafte Ausbreitungen nervöser Substanz, welche Kerne von ganz derselben Beschaffenheit als die spindelförmigen Faseranschwellungen einschliessen. Doch will ich den Einwand nicht ganz von der Hand weisen, dass man es hier vielleicht mit Bildungen, welche durch die Präparationsweise etwa in ihrer natürlichen Form nicht ganz erhalten worden sind, zu thun haben könnte, indessen begegneten sie mir doch zu oft, als dass ich sie mit Stillschweigen übergehen könnte.

Die nun so eben näher geschilderten feinen, kernhaltigen Fasern bilden nun neben denjenigen, welche aus den feinsten Verzweigungen der Ganglienzellen und ihrer Fortsätze entspringen, jenes feine, überaus dichte Faserwerk, welches wir im Anfange unserer Untersuchungen, überall von den breiteren Axencylindern durchsetzt, die inneren Theile des Centralnervensystems zum grossen Theile bilden sahen, und welches im unentwirrten Zustande als jene anscheinend gleichartige, feingranulöse Masse erschien.

Walther, welcher dieses feine Fasersystem wohl zuerst in allgemeinerer Weise innerhalb der Nervencentren wirbelloser Thiere erkannt hat[2]), weicht gleichwohl in der Auffassung

---

1) S. Fig. 22. a.

2) In den früheren Abhandlungen finde ich nur eine hierauf be-

der hier obwaltenden Verhältnisse vollständig von derjenigen Ansicht ab, welche der Lage der Dinge gemäss hier zu vertreten sein wird. Ehe wir jedoch zu der Erörterung derselben schreiten, wird es zuvor nöthig sein, eine Frage von nicht geringer Bedeutung zu berühren, diejenige nämlich nach dem Zusammenhange der Ganglienzellen untereinander. Die Annahme eines directen Zusammenhanges zwischen multipolaren Ganglienzellen durch ihre Fortsätze war für die Nervencentren der Wirbelthiere bekanntlich eine Zeitlang zu sehr allgemeiner Geltung gekommen, zumal da sie mannichfachen physiologischen Bedürfnissen auf die einfachste Weise Rechnung zu tragen schien. Doch sind wohl neuerdings so vielerlei Zweifel über die thatsächliche Begründung dieser Ansicht rege geworden, dass die ganze Angelegenheit gegenwärtig als eine sehr schwankende erscheinen dürfte.

Um so wichtiger dürfte es nun erscheinen, dass nunmehr Walther mit ganz bestimmten Angaben hervorgetreten ist, wonach alle diese Verhältnisse innerhalb der Nervencentren wirbelloser Thiere (bei welchen wohl noch kein Beobachter einen derartigen directen Zusammenhang wahrgenommen hat) in grösster Allgemeinheit aufzufinden sein sollten. Er lässt hier überall die von ihm richtig erkannten, in den inneren Theilen der Ganglienmassen vorkommenden, multipolaren Zellen in allgemeinster Weise mit unipolaren in Verbindung stehen, so dass, seiner Ansicht zufolge, die Fortsätze der letzteren gar nicht unmittelbar durch das Innere der Ganglien hindurch in Nervenprimitivfasern sich fortsetzen sollen, sondern zwischen beiden eben noch die multipolaren Ganglienzellen ein besonderes, nie-

zügliche kurze Angabe Leydig's (vgl. dessen kurz zuvor citirte Abhandlung S. 117), wonach es heisst, „dass der Verf. in neuester Zeit sich überzeugt zu haben glaube, dass die breiten Stiele der grossen Ganglienzellen, bei ihrem Eintritt in die centrale Punctmasse, in eine Menge feinster Fäserchen sich auflösen, welche bedeutend feiner seien, als die Nervenprimitivfasern; und es erkläre sich daraus, dass man die Ganglienzellenfortsätze niemals längere Strecken weit isoliren könne.“ Dass diese Ansicht der Wirklichkeit nicht entspricht, lehrt die obige Darstellung, es geht aber daraus wohl hervor, dass Leydig jene feinsten nervösen Fasern wohl bemerkt hat.

mals fehlendes Zwischenglied bilden. Letzteren, ist der Verf. daher der Ansicht, müsse ein ganz anderer physiologischer Werth beigelegt werden als den übrigen Nervenzellen, indem durch sie die Reflexthätigkeiten vermittelt würden. Es könnt nun scheinen, dass diese Angaben um so mehr ins Gewicht fallen dürften, als sie, anscheinend auf völlig isolirte Objecte begründet, einen höheren Anspruch auf Geltung scheinen fordern zu können, als die nur auf der Untersuchung von Flächenschnitten beruhenden Angaben für das Gehirn und Rückenmark, und es würde somit eine gewisse Uebereinstimmung im Baue der Nervencentren aller Thiere bestehen, die manches Zusagende hätte.

Hier nun glaube ich indessen die von mir über den Bau der Nervencentren der von mir untersuchten Thiere gemachten Erfahrungen als völlig ausreichend ansehen zu dürfen, um diesen Angaben auf das Allerbestimmteste entgegenzutreten. Jeden unmittelbaren Zusammenhang zwischen Ganglienzellen durch breite Fortsätze muss ich denselben zufolge auch hier nicht allein für unerwiesen und zweifelhaft, sondern sogar im allerhöchsten Grade für unwahrscheinlich erklären, denn alle durch die Isolation zu ermittelnden Thatsachen lehren das Gegentheil. Hr. Walther wird mir diesen Ausspruch wohl verzeihen, wenn ich hinzufüge, dass ich im Anfange meiner Untersuchungen gar nicht selten in der Lage gewesen bin, ganz dasselbe sehen zu wollen als er. So oft ich aber auch einen derartigen Zusammenhang zwischen Zellen zu sehen glaubte, habe ich mich doch immer wieder in jedem einzelnen Falle davon überzeugt, dass dieser Anschein auf ganz bestimmt nachweisbaren Täuschungen beruhte. Derartigen Täuschungen kann man hier aber um so leichter sich hingeben, als dieselben nicht allein an unvollkommen isolirten Objecten, wo die Ganglienzellen noch von einem reichlichen Fasergewirr umgeben werden, sondern selbst an sehr gut isolirten sich geltend machen. Dennoch aber erkennt man, wenn man die Verhältnisse genauer prüft, dass entweder das abgerissene freie Ende eines breiten Fortsatzes von einer Ganglienzelle in der Art verdeckt wird, dass der Anschein eines Zusammenhanges entsteht, oder

dass die Enden zweier Fortsätze, die von verschiedenen Zellen herkommen, sich gegenseitig verdecken u. s. f. Ich glaube in der Isolation der Elemente nicht unerheblich weiter gekommen zu sein als Walther und muss dennoch sagen, dass mir auch nicht ein einziger gesicherter Fall eines derartigen Zusammenhanges vorgekommen ist. Ueberdies trete ich hier nicht etwa blos mit Zweifeln gegen positive Angaben hervor, sondern habe mich von dem weiteren Verlauf jener breiten Zellenfortsätze und ihrem directen Uebergange in Nervenprimitivfasern, ohne dass irgendwie Ganglienzellen dazwischen eingeschaltet wären, mit solcher Sicherheit überzeugt, dass für derartige Angaben wohl kaum noch Raum bleiben dürfte.

Müssen wir nun demzufolge einen jeden directen Zusammenhang zwischen Ganglienzellen als unbegründet von der Hand weisen, so fragt es sich doch weiter, ob nicht etwa dennoch ein Zusammenhang, wie ihn doch die physiologischen Thatsachen mit einigem Rechte scheinen fordern zu können, auf einem anderen, nicht ganz so einfachen Wege denkbar sei. Und zwar werden wir aus mehrfachen Gründen hier gerade wieder auf jenes feinste Fasersystem zurückgeführt, welches durch seine ausserordentliche Verbreitung und seine immer weiter gehenden feinsten Theilungen, welche man unmöglich bis zu ihrem Ende verfolgen kann, darauf hinzudeuten scheint, dass hier derartige netzförmige Anastomosen feinster nervöser Fäserchen wohl möglicherweise stattfinden können.

Es ist hier nun wohl am Orte, die Vermuthungen, welche über die Bedeutung jenes feinen Fasersystems bisher ausgesprochen sind, in kurzem zu berühren. Während nämlich für die Nervencentren der höheren Thiere es seit langem feststeht, dass hier viele Ganglienzellenfortsätze durch unausgesetzte Theilung sich gänzlich in feinste Fäserchen auflösen, so ist das Vorhandensein derartiger feinster Verzweigungen bei wirbellosen Thieren wohl erst in jüngster Zeit aufgefallen. Bei den früheren Beobachtern findet man überall die Ansicht, dass die breiten Zellenfortsätze unmittelbar durch das Ganglion hindurch in die Nervenstämme sich fortsetzten und somit die Primitivfasern deren unmittelbare Verlängerung bildeten. Doch

war jene Ansicht lediglich mehr auf die Betrachtung der Faserzüge begründet, welche man innerhalb der Ganglien wahrnimmt, als auf wirklich isolirte Objecte; denn das thatsächliche Verhalten der breiten Axencylinder während ihres Verlaufes durch das Ganglion, sowie ihre Theilungen waren jenen Beobachtern nicht bekannt. So konnte es denn geschehen, dass mit der Erkenntniss feinster Verzweigungen der Zellenfortsätze in jüngster Zeit sich eine ganz andere Anschauung von diesen Verhältnissen Bahn brechen konnte, wonach die in den Nervenstämmen doch unzweifelhaft vorhandenen, breiten Primitivfasern gar nicht als solche directe Fortsetzungen von Ganglienzellenfortsätzen, sondern vielmehr als neue Einheiten von feinsten, zu breiten Fasern verschmolzenen Fibrillen sollten anzusehen sein. Es sind vorzugsweise Leydig und G. Walther, welche sich in diesem Sinne ausgesprochen haben.

Ersterer, welcher in seinen früheren Abhandlungen überall das Innere der Ganglienmassen von einer fein granulirten Punctsubstanz ausgefüllt werden lässt, welche zufolge der älteren Ansicht von breiten Zellenfortsätzen einfach durchsetzt werde, ist neuerdings, wie angedeutet, so weit gegangen, zu vermuthen, die kurzen stielförmigen Fortsätze der Ganglienzellen lösten sich bereits sehr bald in feinste Fasern auf, welche in jene centrale Punctmasse sich hineinbegeben. Ich will hier nicht weiter darauf eingehen, ob eine derartige formlose Punctmasse, in welche nervöse Elemente unterschiedslos übergingen, annehmbar erscheinen dürfte, da Leydig diese Bezeichnung vielleicht selber nur als eine provisorische, hervorgehend aus der Unmöglichkeit, eine weitere Structur darin aufzufinden, gewählt haben mag. Jedenfalls sei hier bemerkt, dass der bei weitem grösste Theil dieser anscheinend punctförmigen Masse bei hinlänglicher Isolation sich in feinste nervöse Faserbildungen zerlegen, mithin eine bestimmte Structur erkennen lässt. Walther hat sich jenen Anschauungen Leydig's gegenüber nicht darüber ausgesprochen, inwiefern er eine derartige Punctmasse als ein Aequivalent nervöser Bildungen anerkenne, jedenfalls geht aus seiner Darstellung wohl hervor, dass er wesentliche Schritte in der weiteren Analyse derselben gethan hat.

Doch weicht seine Auffassung dieses feinsten Fasersystems in wesentlichen Puncten von dem wirklichen Verhalten der Dinge ab. Denn da es ihm nicht gelungen zu sein scheint, an ausreichend isolirten Objecten sich von dem ferneren Verlauf der breiten Fortsätze Kenntniss zu verschaffen, macht er nirgend einen Unterschied zwischen ihnen und ihren feinsten Verzweigungen. Somit ist Walther denn geneigt, die kürzlich von Max Schultze aufgestellte Hypothese, wonach breitere Axencylinder innerhalb der Nervencentren sich aus einer Vereinigung feinster Fasern mitunter bilden sollen, für das Nervensystem der Wirbellosen in grosser Ausdehnung gelten zu lassen, und er glaubt gerade in den hier obwaltenden Verhältnissen eine Stütze jener Annahme zu erblicken.

Dem gegenüber glaube ich nun hervorheben zu müssen, dass für jene von hochverehrter Seite, übrigens mit grosser Einschränkung ausgesprochene Vermuthung in demjenigen gerade, was sich innerhalb der Nervencentren der von mir untersuchten wirbellosen Thiere vorfindet, keine besondere Stütze sich darbietet. Es ist dargethan worden, dass die breiten Fortsätze aller grösseren Ganglienzellen nach mehrfacher Theilung Endäste von meist sehr ansehnlicher Breite abgeben, welche, ohne sich in feinste Fasern zu zerspalten, unmittelbar in die Nervenstämme übergehen. Es muss daher aufrecht erhalten werden, dass alle breiteren Primitivfasern als unmittelbare Verlängerungen der Theiläste der Ganglienzellenfortsätze anzusehen sind, niemals jedoch aus einer Verschmelzung feinster Fasern erst gebildet werden, so dass mithin mit einigen Modificationen die ältere Ansicht über diese Verhältnisse als richtig anzusehen ist.

Es ist weiterhin gezeigt worden, dass nichts in den zu beobachtenden Erscheinungen sich darbietet, woraus sich schliessen liesse, dass jene breiten Axenbänder etwa selber als Bündel feinster Fasern anzusehen seien. Denn durch dieselben Mittel, durch welche die feinen, überall von denselben sich abzweigenden Fasern sehr schön zu erhalten sind, gewahrt man in ihnen selber auch nicht die geringste Andeutung eines fasrigen

Baues[1]), sie erscheinen vielmehr völlig homogen. Denn alle jene feinen, hier und da sich zeigenden Streifungen liessen sich als feine Faltenbildungen erkennen, deren Entstehung durch bestimmte äussere Einflüsse keinem Zweifel unterliegen konnte, da ihr Auftreten stets an ganz bestimmte, mit Nothwendigkeit vorherbestimmte Stellen geknüpft erschien.

Es fragt sich nun, wenn, wie dieses thatsächlich der Fall ist, die relativ breit bleibenden Fortsätze ganz unabhängig von jenen sich überall von ihnen abzweigenden feinen nervösen Fasern sich in Nervenfasern fortsetzen, ob man letztere überhaupt als gleichwerthig mit den Nervenfasern ansehen darf. Und es giebt wohl mancherlei Gründe, welche gegen eine solche völlige Gleichwerthigkeit sprechen.

Es wird die Entscheidung dieser Frage, wie leicht einzusehen ist, wesentlich davon abhängen, ob es anzunehmen ist, dass diese feinsten nervösen Faserbildungen ebenfalls in die peripheren Nervenstämme eintreten oder nicht. Leider ist es hier nun nicht ganz mehr möglich, unmittelbar auf dem Boden des rein Thatsächlichen zu verbleiben; denn es ist selbstverständlich nicht gut möglich den schliesslichen Verlauf derartiger feinster Fasern in einem bestimmten Falle wirklich etwa zu ermitteln. Dennoch aber lassen sich wohl mit einiger Sicherheit die Wahrscheinlichkeitsgründe erörtern, ob die ganze Summe jenes feinsten Fasersystems in die Nervenstämme eintrete oder innerhalb der Nervencentren selber ihr Ende erreiche.

Es bildet, wie wir gesehen haben, den Inhalt der peripheren Nervenstämme ein Fasergemisch von den verschiedenartigsten Breitendurchmessern, doch sind Fasern der feinsten,

1) Walther giebt (a. a. O. S. 40) zwar an, die breiten Axencylinder der grossen „sympathischen" Ganglienzellen zeigten bei starker Vergrösserung eine sehr feine longitudinale Streifung und zerfaserten sich nach längerer Behandlung mit einfach chromsaurem Kali in longitudinaler Richtung. In Betreff der Streifungen verweise ich auf das Gesagte; eine longitudinale Zerfaserung breiter Axenbänder habe ich durch keinerlei angewendete Mittel wahrnehmen können.

unmessbaren Art, wie sie als Fortsetzungen der feinsten Verzweigungen angesehen werden könnten, nur verhältnissmässig spärlich darin vertreten, und hierin weicht jenes Fasergemisch wesentlich von demjenigen ab, welchem man innerhalb der Centraltheile des Nervensystems begegnet und in welchem die feinsten Fasern stets einen sehr beträchtlichen Bestandtheil bilden.

Rechnet man noch hinzu, dass es für die sehr feinen Fortsätze der kleinsten unipolaren Ganglienzellen wohl als sehr wahrscheinlich anzusehen ist, dass sie in die Nervenstämme übergehen, so kann man das Vorhandensein einer gewissen Anzahl von Primitivfasern der feinsten Art innerhalb der Nervenstämme sehr wohl erklärlich finden, ohne deshalb auf die feinsten Verzweigungen zurückgehen zu müssen.

Es giebt aber noch eine andere Thatsache, welche für diese Frage vielleicht nicht von geringerer Bedeutung ist. Es ist dieses die bereits von Faivre und Leydig bei manchen Anneliden hervorgehobene und auch, wie ich mich bei *Limnaeus* auf das Bestimmteste überzeugt habe, bei den Mollusken vorhandene, auffällig abweichende Structur der oberen Commissur. Es bildet diese über den Oesophagus hinwegziehende und den Schlundweg vervollständigende Commissur bei *Limnaeus* einen ziemlich dicken Nervenstamm, welcher die beiden seitlichen vorderen Ganglienmassen (Walther's sensitive Abtheilungen) mit einander verbindet, und da sie gar keine peripheren Nervenstämme aus sich hervorgehen lässt, als ein reiner Hirntheil zu betrachten ist. Demzufolge werden wir in ihr gerade diejenigen Fasern antreffen, welche die centralen Theile untereinander zu verbinden bestimmt sind. Untersucht man nun diese Commissur rücksichtlich der in ihr enthaltenen Faserelemente[1]), so ergiebt sich, dass dieselbe gar nicht ein der-

1) Ueber die sehr sonderbare Anhäufung rundlicher kernartiger Bildungen innerhalb dieser Commissur brauche ich nichts Näheres mehr hinzuzufügen, da dieselbe bei *Limnaeus* von Walther richtig erkannt und beschrieben ist. Doch kann ich nicht einsehen, warum derselbe diese Einlagerungen in der Commissur als eine Abtheilung der seitlichen Ganglienmassen betrachtet; wenigstens könnte alsdann mit dem-

artiges Fasergemisch enthält als die peripheren Stämme. Denn es finden sich hier nicht nur gar keine sehr breite Axencylinder vor, sondern es zeigen sich alle in der Commissur vorhandenen Faserelemente durchweg gleichartig, aus feinsten nervösen Fäserchen bestehend, wie sie innerhalb der Centraltheile in so grosser Menge angetroffen werden.

Es ist nun diese Thatsache, welche bisher wohl noch nicht in ihrer wahren Bedeutung hat gewürdigt werden können, sehr geeignet, die Wahrscheinlichkeit, dass durch jenes feinste Fasersystem eine Verbindung der Ganglienzellen untereinander stattfinde, noch beträchtlich zu erhöhen. Es ist somit nunmehr die Vermuthung vielleicht sehr gerechtfertigt, dass die feinsten Verzweigungen, welche die meisten breiten Axenbänder innerhalb der Nervencentren abgeben, gar nicht zu peripheren Organen hin verlaufen, sondern innerhalb der Centraltheile selbst verbleibend, daselbst auf irgend eine Weise ihr Ende erreichen. Wir müssen demzufolge den Centraltheilen ein sehr weit ausgebreitetes System ihnen selbst ganz eigenthümlicher nervöser Faserbildungen zuschreiben, welche durch ihre beträchtliche Feinheit und die an denselben auftretenden kernhaltigen Bildungen von den peripheren Nervenfasern wesentlich sich unterscheiden und welche, nach dem Princip der peripheren Endausbreitung der Nervenfasern in anderen Organen, innerhalb der Centraltheile selbst ihre schliessliche Ausbreitung erlangen. Wir bezeichnen es schliesslich als die höchst wahrscheinliche Bestimmung dieser feinsten Nervenendausbreitungen innerhalb der Nervencentren, dass durch dieselben eine

---

selben Rechte die ganze Commissur als ein Theil derselben angesehen werden, da man derartige kernartige Bildungen nicht blos an der Basis der Commissur in Form einer circumscripten Anhäufung bemerkt, sondern auch, mehr vereinzelt, überall an dem äusseren Umfange des Faserinhaltes, dicht unter dem Neurilem. Leydig's Angaben zufolge finden sich diese Verhältnisse in sehr ähnlicher Weise an den Commissuren des Gehirns und Bauchmarkes vieler Anneliden vor, so dass hierin, wie in so vielen anderen Beziehungen eine sehr auffällige Uebereinstimmung in den histologischen Verhältnissen des Nervensystems beider Thierklassen obwaltet.

Verbindung von Ganglienzellen, sei es nun benachbarter, oder auch der in den beiden Hälften des Centralnervensystems gelegenen, vermittelt werde. Wenigstens bleibt, den gewonnenen Erfahrungen zufolge, keine andere Möglichkeit eines Connexes zwischen Nervenzellen, als durch Vermittelung dieser feinsten Verzweigungen mehr offen. Welcher Art nun freilich die letzten Endigungen dieses centralen Fasersystems sein mögen, und ob man in den unmessbar feinen Fäserchen, welche wir als die letzten Verzweigungen desselben überall kennen lernten, bereits diese Endigungen vor sich hat, welche continuirlich in Fäserchen übergehen, die von anderen Ganglienzellen herstammen, darüber freilich vermag die directe Beobachtung vorläufig noch nicht zu entscheiden, und es müssen in Betreff dieser Frage noch ähnliche Unsicherheiten bestehen bleiben, wie sie hinsichtlich der letzten Endigungsweise von Nervenfasern in peripheren Organen vielfachen Ortes sich geltend machen.

Ich habe weiterhin noch einige Differenzen zu erörtern, welche hinsichtlich der kernhaltigen Bildungen, welche innerhalb dieses centralen Fasersystems auftreten, zwischen mir und Walther bestehen. Walther nämlich, der wohl zuerst auf die fraglichen Gebilde aufmerksam gemacht hat, hält dieselben ausnahmslos für ganglıöser Natur und bildet daraus unter der Bezeichnung „kleinste bipolare Zellen“ eine besondere Ganglienzellenkategorie. Es ist nun allerdings wohl zuzugeben, dass ziemlich viel Willkürliches darin liegt, inwieweit man geneigt sein will, die Bezeichnung einer Ganglienzelle auf kernhaltige, mit unzweifelhaft nervösen Fasern in Verbindung stehende, Bildungen auszudehnen. Dennoch glaube ich, dass wohl manches in den beobachteten Verhältnissen liegen dürfte, was geeignet ist, eine solche Auffassung als nicht begründet erscheinen zu lassen. Es waren mir diese Bildungen bereits längere Zeit auffällig gewesen, ehe mir Walther's Abhandlung zu Gesicht kam, doch hatte ich niemals etwas Anderes in denselben zu erblicken geglaubt, als kernhaltige, an den feinsten Verzweigungen der Zellenfortsätze auftretende Anschwellungen, und ich glaube auch jetzt an dieser Ansicht festhalten zu müssen. Zunächst handelt es sich um den Nachweis, dass diese

kernhaltigen Fasern wirklich mit den feinsten Verzweigungen der Ganglienzellen in Verbindung stehen. Es könnte nach Walther's Darstellungen erscheinen, dass dieser Nachweis sehr leicht zu führen sei, da derselbe die von den kleinsten bipolaren Zellen ausgehenden Fasern überall in reichlichster Weise mit Verzweigungen grösserer Ganglienzellen anastomosiren lässt (vgl. dessen Fig. 14. 17. Tab. III.). Indessen spricht vielleicht gerade die Häufigkeit, mit welcher hier jenes Verhalten dargestellt wird, dafür, dass W. dasselbe in keinem ganz unzweifelhaften Falle wirklich gesehen hat, und müssen derartige Darstellungen als etwas schematisch gehalten bezeichnet werden. Namentlich muss ich es als irrthümlich bezeichnen, dass Zellenfortsätze in so unmittelbarer Nähe des Ganglienzellenkörpers bereits kernhaltige Anschwellungen zeigen, wie es dort mehrfach dargestellt wird, da alle Erfahrungen an gut isolirten Objecten das Gegentheil beweisen. Ich muss nun dem gegenüber erklären, dass der Zusammenhang zwischen kernhaltigen Fasern und Nervenzellenverzweigungen ganz ausnehmend schwierig zu beobachten ist, und es ist mir nur in sehr wenigen, vereinzelten Fällen wirklich gelungen, an feinsten Verzweigungen der Zellenfortsätze derartige kernhaltige Anschwellungen wahrzunehmen; und zwar fanden sich dieselben stets erst in sehr ansehnlicher Entfernung von dem Ursprunge derselben vor. Leider habe ich damals versäumt, eine Zeichnung dieses Verhaltens zu entwerfen, und kann dies nicht mehr nachholen, da ein derartiges Object mir jetzt nicht mehr zur Hand ist, und es mir trotz vieler Mühe nicht mehr gelungen ist, ein solches wieder herzustellen. Im Uebrigen möchte ich aber die Allgemeingültigkeit dieser Thatsache darum nicht eben bezweifeln, denn die grosse Entfernung, in welcher jene Bildungen erst an den feineren Verzweigungen auftreten, lässt die Schwierigkeit, dieselben an isolirten Nervenzellen noch in ihrer Verbindung zu erhalten, wohl begreiflich erscheinen. Es stände somit von dieser Seite der Annahme, dass man es hier nicht mit selbstständigen Bildungen, sondern mit einfachen Faseranschwellungen zu thun habe, auch nach Walther's Angaben nichts im Wege.

Es ist ferner hervorzuheben, dass selbst an den kleinsten unzweifelhaften Ganglienzellen, welche, wie bemerkt wurde, stets unipolar sind, obwohl sie die kernhaltigen Bildungen an Grösse oft wenig übertreffen, doch immer noch manches sich darbietet, was sie von den letzteren unterscheidet. Denn immer findet hier noch eine ganz andere Relation zwischen dem Zellkörper und dem Fortsatze statt, indem ersterer sich stets sehr scharf von dem Fortsatz abgrenzt, während die spindelförmigen kernhaltigen Gebilde ganz ohne bestimmte Abgrenzung in die Fasern, welche sie tragen, sich verlängern. Es enthalten ferner jene kleinsten unipolaren Ganglienzellen niemals ovale, sondern wie alle übrigen Ganglienzellen völlig runde Kerne. Will man nun auch vielleicht diese Unterschiede, als mehr äusserlicher Art, nicht als massgebend ansehen, so ergeben sich doch aus der ganzen Art und Weise, wie wir dieses ganze centrale Fasersystem aufzufassen uns genöthigt sehen, gewisse Gründe gegen die gangliöse Natur dieser Bildungen, welche schwerer ins Gewicht fallen dürften.

Wir haben nun den Bau der nervösen Bildungen und ihren gegenseitigen Zusammenhang, insoweit dies vor der Hand möglich ist, in dem Voranstehenden erörtert, und es bleibt schliesslich nur die Frage übrig, ob neben denselben innerhalb der Centraltheile nicht noch irgend eine Zwischensubstanz vorhanden ist, deren weiterer Bau alsdann noch zu berücksichtigen wäre. Wie wir gesehen haben findet sich, wenn man den Inhalt der Nervencentren möglichst vollkommen in seine histologischen Bestandtheile zerlegt hat, zwischen den nervösen Elementen nichts als eine sehr geringe Menge einer fein granulirten Substanz vor, und es fragt sich, ob man diese Punctmasse, gegen deren Gleichwerthigkeit mit nervösen Theilen wir bereits oben Verwahrung eingelegt haben, nicht etwa als eine derartige Zwischensubstanz, welche die nervösen Elemente von einander trennte, betrachten kann. Aber es giebt mancherlei Gründe, welche es unwahrscheinlich machen, dass dieselbe in dieser Form am lebenden Thiere bereits vorhanden ist. Innerhalb der Nervenstämme wenigstens verdankt die hier zwischen den Primitivfasern auftretende feinkörnige Sub-

stanz [1]) sicherlich einem Gerinnungsvorgang ihre Entstehung, und es ist somit anzunehmen, dass bei dem gänzlichen Mangel eines irgendwie sichtlichen Zwischengewebes die einzelnen Fasern hier nur durch eine gewisse Menge seröser Flüssigkeit von einander getrennt werden, in welcher nach dem Tode durch die zur Isolirung erforderliche Behandlung des Präparates derartige Niederschläge entstehen. Es liegt nun ziemlich nahe, auch für die Centraltheile selbst jene zwischen den nervösen Theilen noch übrigbleibende Punctmasse auf eine die einzelnen Ganglien durchtränkende Zwischenflüssigkeit zu beziehen, und es kann als ziemlich wahrscheinlich angesehen werden, dass der grösste Theil derselben auf diese Weise entsteht. Es ist aber ausserdem noch eine zweite Möglichkeit für die Entstehung dieser Punctmasse zwischen den isolirten Elementen vorhanden, ohne dass man dieselbe als präformirt anzunehmen genöthigt ist. Denn bei der ausserordentlichen Zartheit und Zerstörbarkeit der feineren Ausbreitungen des centralen Fasersystems findet man, auch in den am besten erhaltenen isolirten Objecten, hin und her dergleichen feinste Fäserchen zerstört und in einen fein granulirten Detritus verwandelt, wobei es häufig vorkommt, dass eine theilweise noch gut erhaltene derartige Faser an einem ihrer Enden in feine Körnchen zerfällt. Wenn wir daher einen gewissen Antheil der granulirten Substanz aus nervösen Bildungen herzuleiten genöthigt sind, so ist derselbe doch nur zerstörten Gebilden zuzuschreiben, und es ist nicht anzunehmen, dass dieselben im natürlichen Zustande als eine derartige formlose Masse etwa auftreten können. Es wäre also dieser geringe Rest granulirter Substanz nicht als etwas den lebenden Theilen in dieser Form zugehöriges zu betrachten, und bei dem völligen Mangel geformter Bildungen zwischen den nervösen Elementen lässt

1) Natürlich sind bei der Betrachtung dieser Verhältnisse diejenigen Fälle auszuschliessen, in welchen die Objecte etwa längere Zeit in Humor vitreus gelegen haben. Das reichliche Auftreten einer feingranulirten Substanz zwischen den nervösen Elementartheilen an derartigen, später mit Chromsäure behandelten Objecten ist natürlich für das Nervensystem selbst ohne Belang.

sich daher für die Centraltheile ebenso wie für die Nervenstämme als höchst wahrscheinlich annehmen, dass die geringen Zwischenräume, welche zwischen den Ganglienzellen und den Fasergebilden übrig bleiben, ebenfalls hier nur von einer das Ganglion durchtränkenden Zwischenflüssigkeit erfüllt werden. Ueber die Natur dieser Flüssigkeit lässt sich freilich wenig aussagen, doch ist es wohl zu vermuthen, dass sie der Blutflüssigkeit des Thieres sehr nahe stehen dürfte und jedenfalls einen gerinnbaren Körper enthält.

Es ist schliesslich noch zu bemerken, dass die bei kleineren wirbellosen Thieren auch im lebenden Thiere innerhalb der Ganglien, bei der Betrachtung derselben als Ganzes, scheinbar zum Vorschein kommende fein granulirte Masse nichts dafür beweist, dass man es hier mit einer wirklichen Punctmasse zu thun habe. Denn bei der mikroskopischen Untersuchung eines Ganglion im Ganzen ist es natürlicherweise unmöglich, feinste, dicht aneinander gedrängte und sich mannichfach durchflechtende Fäserchen einzeln und distinct zu erkennen, und es muss somit das Ganze stets als eine fein punctirte Masse erscheinen. Hier können nur isolirte Objecte entscheiden, welche freilich für kleinere Thiere sehr schwer zu erreichen sein würden.

Es wäre nun somit der Bau und die gegenseitige Verbindung der innerhalb der Nervencentren vorhandenen Elemente soweit untersucht worden, als dies vor der Hand möglich ist, und es liessen sich die gewonnenen Ergebnisse etwa in folgender Weise zusammenfassen.

Es ist den vorangegangenen Arbeiten zufolge kaum nöthig hervorzuheben, dass Ganglienzellen ohne Fortsätze gar nicht vorkommen. Dagegen herrscht in der Anordnung der Fortsätze eine viel grössere Mannichfaltigkeit, als dies gewöhnlich angegeben wird. Es ist nicht als richtig anzusehen, wenn die grösste Mehrzahl der Nervenzellen bei wirbellosen Thieren einfach als unipolar bezeichnet wird, es ist vielmehr das Vorkommen wirklich unipolarer Formen als ein sehr beschränktes und nur den Nervenzellen der kleinsten Art zukommend anzusehen, deren Fortsätze, soweit man sie verfolgen kann, einfach

zu bleiben scheinen. Dagegen müssen alle grösseren und besonders auch die ganz kolossalen Ganglienzellen im Wesentlichen als multipolar bezeichnet werden, mag nun ihre äussere Gestaltung sein, welcher Art sie wolle. Es giebt mithin keinen wesentlichen Unterschied zwischen unipolaren und multipolaren Nervenzellen, und es muss namentlich die Ansicht als unbegründet angesehen werden, als ob die letzteren etwa vorzugsweise einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Ganglienzellen vermittelten.

In Bezug des weiteren Verhaltens der Ganglienzellenfortsätze ist zu sagen, dass ein Theil derselben als relativ breit bleibende Fasern die Nervencentren durchsetzt, um als breite Primitivfasern in die Nervenstämme überzugehen.

Die Anzahl der von einer einzelnen Nervenzelle hervorgehenden, breiten Primitivfasern, welche meist auf dem Wege dichotomischer Verzweigungen gebildet werden, mitunter aber auch getrennt von der Zelle entspringen, ist eine sehr verschiedene, aber immer ziemlich beschränkte. Es lässt sich angeben, dass sie mit der Grösse der Ganglienzellen und der Zunahme der in das Ausläufersystem übergehenden Masse direct wächst. Dasselbe lässt sich von dem Breitendurchmesser der Primitivfasern angeben, und es gehören somit die breitesten Primitivfasern, welche man innerhalb der Nervenstämme antrifft, den grössten Ganglienzellen an und umgekehrt.

Alle breiten Primitivfasern sind somit continuirliche Verlängerungen von Ganglienzellenfortsätzen, und es wird der Verlauf derselben innerhalb der Centraltheile nirgends durch die Einschaltung von Ganglienzellen unterbrochen.

Es kommt nirgend vor, dass breite Primitivfasern von feinsten Fibrillen erst zusammengesetzt werden, auch sind sie selbst als homogene Bänder und keinesweges selbst als Bündel feinster Fasern anzusehen.

Ausser diesen relativ breit bleibenden und in Primitivnervenfasern direct sich verlängernden Fasern geht aber aus den Ganglienzellen noch ein zweites sehr reichliches System feinster nervöser Fasern hervor, welches den Centraltheilen eigenthümlich zu sein scheint. Es zeichnen sich diese feinsten Ver-

zweigungen dadurch aus, dass sie durch weiter fortgesetzte Theilungen sehr bald zu unmessbar feinen Fäserchen sich verschmälern, und ausserdem mit kernhaltigen Bildungen in Verbindung stehen, welche an den breit bleibenden Fasern und den Primitivnervenfasern fehlen.

Es kann nicht mit völliger Bestimmtheit die Möglichkeit in Abrede gestellt werden, dass ein gewisser Antheil der aus diesen feinsten Verzweigungen hervorgehenden feinsten Fäserchen in periphere Nervenstämme übergeht, doch lässt sich mit überwiegender Wahrscheinlichkeit annehmen, dass der grösste Theil derselben die Nervencentren nicht verlässt, sondern innerhalb derselben sein Ende erreicht.

Es lässt sich aus gewissen Gründen als wahrscheinlich ansehen, dass durch dieses eigenthümliche centrale Fasersystem eine Verbindung zwischen Ganglienzellen vermittelt werde. Es würde somit, im Falle eine solche, als wahrscheinlich angenommene Verbindung vorhanden ist, dieselbe auf dem Wege feinster nervöser Endausbreitungen, niemals jedoch direct durch breite, ungetheilt bleibende Zellenfortsätze vermittelt werden.

Es giebt keine nervösen Bildungen innerhalb der Nervencentren unserer Thiere, welche als eine formlose Punctmasse aufträten, und es muss vielmehr der geringe Ueberrest granulirter Substanz, welcher zwischen den isolirten Faserbildungen übrig bleibt, als auf accidentellem Wege entstanden angesehen werden.

Zum Schlusse habe ich endlich noch Herrn Prof. v. Wittich, sowie Herrn Prof. Zaddach für die bei dieser, sowie bei früheren Gelegenheiten mir dargebotene Unterstützung mit litterarischen Hülfsmitteln meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VII. u. VIII.

Fig. 4. Isolirte Partie eines Ganglion von *Limnaeus*.

Fig. 5. Grosse Zelle von unipolarem Habitus von *Planorbis corneus*, durch einfache Maceration isolirt.

Fig. 6. Grosse multipolare Zelle von *Planorbis*, durch einfache Maceration isolirt.

Durchmesser der Zelle 0,18 Mm.
Breite des rechten Fortsatzes an der Basis 0,042 Mm.
„ „ linken „ „ „ „ 0,037 Mm.
Länge des rechten Fortsatzes 0,50 Mm.
Durchmesser des Nucleus 0,16 Mm.
„ der Nucleoli 0,0056 — 0,0084 Mm.

Fig. 7. Eine grössere und eine mittlere unipolare Zelle von *Limnaeus*.

Durchmesser der grösseren Zelle 0,15 Mm.
„ des Nucleus 0,10 Mm.
Länge des Fortsatzes bis zur Theilung 0,34 Mm.
„ „ rechten Theilungsastes 0,48 Mm.
„ „ ganzen Objects, ohne die Krümmungen 0,97 Mm.
Breite des Fortsatzes nahe dem Zellkörper 0,014 Mm.
„ „ „ dicht vor der Theilung 0,011 Mm.
„ „ rechten Theilastes am Anfange 0.0084 Mm.
„ „ „ „ „ Ende 0,0042 Mm.
„ „ linken „ an der breitesten Stelle 0,014 Mm.
(Der rechte Theilungsast ist in der Zeichnung wegen Raummangel im Verhältniss zu kurz dargestellt worden, da das Object in Wirklichkeit eine beträchtlichere Länge besitzt, als das Fig. 8. wiedergegebene.)
Durchmesser der kleineren Zelle 0,026 Mm.
Länge des Fortsatzes bis zur Theilung 0,42 Mm.
Breite desselben nahe der Zelle 0,0042 Mm.
„ des linken Theilastes an d. verbreiterten Basis 0,0084 Mm.
„ „ „ „ am Ende 0,0028 Mm.

Fig. 8. Mittlere Ganglienzelle von unipolarem Habitus von *Limnaeus*.

Durchmesser der Zelle 0,074 Mm.
Länge des Fortsatzes bis zur Theilung 0,56 Mm.
„ „ linken Theilastes 0,23 Mm.
Breite „ Fortsatzes nahe der Zelle 0,007 Mm.
„ „ „ dicht vor der Theilung 0,003 Mm.
„ „ linken Theilastes 0,0014 Mm.

Fig, 9. Kolossale unipolare Zelle von *Limnaeus*.

Durchmesser der Zelle 0,24 Mm.
Breite des Fortsatzes 0,027 Mm.
a. ein wahrscheinlicher Theilungsast desselben.
(Es ist wohl die grösste Zelle, welche mir aufgestossen ist.)

Fig. 10. Grosse Ganglienzelle von *Limnaeus* mit zwei, von der Basis an getrennten Fortsätzen.

Durchmesser der Zelle 0,11 Mm.
Breite des rechten Fortsatzes 0,016 Mm.

Fig. 11. Grosse Ganglienmasse von *Limnaeus*.
Durchmesser der Zelle 0,12 Mm.
Breite des gemeinsamen Theiles der Fortsätze 0,021 Mm.
„ „ linken Astes an der Basis 0,016 Mm.
„ der feinen Endfäserchen zwischen 0,0009—0,0012 Mm.

Fig. 12. Grosse Ganglienzelle von *Limnaeus*, mit wohlerhaltenen feinsten Verzweigungen.
Durchmesser der Zelle 0,090 Mm.
Breite des Fortsatzes an dem Ursprunge 0,01 Mm.
„ „ „ am Ende 0,008 Mm.
„ der feinen Fäserchen an ihrem Ursprunge 0,0014 Mm.
„ „ feinsten Endverzweigungen derselben, etwa 0,0007 Mm.

Fig. 13. Grosse Ganglienzelle von *Limnaeus*.
Durchmesser der Zelle 0,095 Mm.
Breite der Ausläufermasse an der Basis 0,018 Mm.
„ des längsten Fortsatzes am Ursprunge 0,008 Mm.
„ „ „ „ an der Spitze 0,004 Mm.
Länge desselben 0,29 Mm.

Fig. 14. Bipolare Ganglienzelle von *Limnaeus*.
Längster Durchmesser der Zelle 0,079 Mm.
Breite der beiden Hauptfortsätze am Ursprunge 0,008 Mm.
„ des kleineren dritten Fortsatzes 0,003 Mm.

Fig. 15. Kleine multipolare Zelle von *Limnaeus*.
Durchmesser 0,032 Mm.

Fig. 16. Multipolare Zelle von *Limnaeus*.
Durchmesser 0,058 Mm.

Fig. 17. Kleine bipolare Zelle von *Limnaeus*.
Durchmesser 0,037 Mm.

Fig. 18. Ganglienzelle von unipolarem Habitus von *Planorbis*.
Durchmesser 0,064 Mm.

Fig. 19. Multipolare Ganglienzelle von *Planorbis*.

Fig. 20. Peripherer Nervenstamm von *Planorbis*, nahe dem Ganglion abgerissen, mit hervorragendem Faserinhalt.
a. Bindegewebige Umhüllung.
b. Fasriger Inhalt.
c. d. e. Breite, aus demselben hervorragende Axenbänder.
Breitendurchmesser der breiten Fasern (c. d. e.) 0,017—0,0084 Mm.
„ „ zunächst an Breite folgenden Fasern zwischen 0,0056 Mm. und 0,0028 Mm.
„ des grössten Theiles der feineren Fasern 0,0014—0,0007 Mm.

Fig. 21. Feine kernhaltige Fasern aus den Nervencentren von *Planorbis*.

Fig. 22. Bündel feiner kernhaltiger Fasern, ebendaher.

a. Ein unregelmässig gestaltetes, kernhaltiges Gebilde, in mehrere feine Fasern auslaufend.

Zur Lehre von der durch Arzneimittel hervorgerufenen Myosis und Mydriasis.

Von

LEONHARD HIRSCHMANN, Arzt aus Charkow.

Der Zweck einer von mir unternommenen Versuchsreihe, deren einen Theil die vorliegende Arbeit, im physiologischen Laboratorium des Herrn Prof. Du Bois-Reymond, mit gütigster Hülfe des Herrn Dr. Rosenthal ausgeführt, enthält, ist die physiologische Wirkungsweise einiger, Mydriasis und Myosis verursachenden Arzneistoffe auf die Iris zu untersuchen. Genöthigt, diese Versuche für einige Zeit zu unterbrechen, übergebe ich das wenige Gewonnene der Oeffentlichkeit und behalte mir fernere Untersuchungen über diesen Gegenstand für die Zukunft vor.

Zunächst wählte ich zu meinen Untersuchungen das Nicotin, auf Veranlassung von Herrn Dr. Rosenthal, der gerade mit Versuchen über die physiologische Wirkung des Nicotins im Allgemeinen beschäftigt war, und dessen Resultate binnen kurzem veröffentlicht werden sollen. Dr. Rosenthal theilte mir nämlich mit, dass er bei Vergiftung von Säugethieren mittelst Nicotin constant eine Verengerung der Pupillen beobachtet habe. Diese Pupillenverengerung wurde übrigens schon früher von Dr. Braun (Arch. f. Ophthalm. Bd. V. Abth. II.), aber

blos nach Einträufelung von Nicotinlösung direct ins Auge, beobachtet.

Die Angaben der früheren Autoren über diesen Gegenstand stehen in einem directen Gegensatz zu einander; so wollen Orfila (Toxicologie gén. 1843), Bernard (Ann. d'hygiène, T. XXIV. p. 259), Van den Corput (Presse méd. 26. 27. 1851) und Albers (Deutsche Klinik, 32. 1851) nach Nicotinvergiftungen bisweilen bei Säugethieren und Vögeln eine Pupillenerweiterung gesehen haben; Van Praag (Virch. Arch. Bd. VIII.) sah bisweilen auf eine Erweiterung der Pupillen eine Verengerung derselben folgen. Reil (Journ. f. Pharmakodyn. Bd. II. H. 1. S. 210) sah bei einem Kaninchen nach Nicotin eine bedeutende Pupillenverengerung eintreten, die nach $^1/_2$ Stunde in eine Erweiterung überging.

In einer nicht unbeträchtlichen Anzahl von Versuchen, die ich am Kaninchen, der Katze, dem Hunde, der Taube, dem Huhn[1]) machte, erhielt ich nach Nicotin constant eine mehr oder weniger starke Pupillenverengerung. Nie ist es mir gelungen, eine wenn auch nur geringe Pupillenerweiterung durch das Nicotin hervorzurufen. Das Gift brachte ich den Thieren auf die verschiedenste Weise (in den Mund, Anus, Vagina, durch Einspritzungen unter die Haut, ins Auge) bei. Von den Versuchen selbst will ich hier, der Kürze wegen, blos ein Paar genauer beschreiben, um die Art, wie dieselben angestellt wurden, zu zeigen.

Vers. I. Bei einem mittelgrossen Kaninchen wurde der rechte Sympathicus am Halse, unterhalb des ersten Halsganglions, auf einer Strecke von circa 1 Zoll frei präparirt, durchschnitten, worauf eine bedeutende Verengerung der Pupille eintrat, und nun gereizt, was eine sehr starke Pupillenerweiterung hervorrief. (Zum Reizen bediente ich mich des Magnetelektromotors von du Bois-Reymond. Als Elektroden benutzte ich ein Paar feine Kupferdrähte, die ich auf einem Gutta-Percha-Plättchen befestigte.) Nun wurde dem Thiere 1 Cc. wäss-

1) Bei Fröschen ist weder nach Nicotin, noch nach Atropin und Morphium irgend etwas Abnormes an den Pupillen zu bemerken.

riger Nicotinlösung (enthaltend $^2/_3$ Tropfen reinen Nicotins) in den Schlund eingeflösst. Nach ein Paar Minuten — starke Verengerung beider Pupillen; gegen Licht reagiren sie indessen ganz bemerkbar. Reizung des blosgelegten Sympathicus giebt jetzt bei derselben und bei stärkerer Stromstärke als vorher blos eine sehr geringe Erweiterung der entsprechenden Pupille. Dem Thiere wird nun eine zweite Dosis des Giftes (wieder 1 Cc.) beigebracht. Verengerung der Pupillen scheint nicht stärker zu sein. Reizung des Sympathicus giebt erst eine sehr schwache Erweiterung der Pupille, bald aber gar keine mehr, selbst nicht bei den stärksten Strömen (0 Rollenabstand). Zur Controle, dass die Reizbarkeit des Nerven nicht in Folge der Austrocknung oder Ueberreizung desselben durch zu starke Ströme verloren gegangen sei, wurde nun der linke Sympathicus präparirt; die Reizung desselben gab aber auch keine Pupillenerweiterung, obgleich die Pupillenenge jetzt geringer als im Anfange, jedenfalls aber noch sehr ausgesprochen war. Erst $^3/_4$ Stunden nach der letzten Nicotingabe begann bei Reizung des einen wie des andern Sympathicus sich wieder eine Spur von Erweiterung der entsprechenden Pupille zu zeigen. Diese Erweiterung nahm mit jeder neuen Reizung zu und kam bald fast auf ihr normales Maximum. Die Pupillen sind nun auch ausser der Reizung nicht mehr merklich verengert.

Vers. II. Dem Versuchsobjecte, einem mittelgrossen Kaninchen, ist vor 10 Tagen der rechte Trigeminus, in der Schädelhöhle, nach Bernard's Vorschrift, durchschnitten worden[1]). Die Cornea hatte sich unter einer Schutzbrille vollkommen durchsichtig erhalten. Die unmittelbar nach der Operation gewöhnlich eintretende stärkere Verengerung war auf eine geringere, immer noch ziemlich beträchtliche, constant zurückbleibende zurückgegangen. Es wurde dem Thiere $^1/_2$ Tropfen Nicotin in die Vagina gebracht. Nach einigen Minuten — starke Verengerung der linken und nicht eine Spur von

1) Die Section bestätigte nachher, dass der erste Ast des Trigeminus vollkommen, der zweite Ast aber zum Theile dicht am Ganglion Gasseri durchschnitten war.

Veränderung an der rechten Pupille. Die Reaction gegen Licht ist nach wie vor bemerkbar.

Dasselbe wurde mehrmals mit genau demselben Erfolge wiederholt. Die Weite der Pupille wurde in diesem wie auch in den anderen Versuchen genau mit dem Zirkel gemessen.

Ich muss noch bemerken, dass nach Durchschneidung des Trigeminus die Reizung des Halssympathicus derselben Seite auch nicht die Spur von Erweiterung der entsprechenden Pupille gab, was also vollkommen mit der von Balogh Coloman (Moleschott's Unters. etc. VII. 1861) gefundenen Thatsache, dass alle pupillenerweiternden Nervenfasern, also auch die mit dem Halssympathicus verlaufenden, durch den Trigeminus gehen, stimmt.

Vers. III. Bei einem Huhne wurde der rechte Sympathicus am Halse blosgelegt; Reizung desselben giebt constant eine deutliche Erweiterung der entsprechenden Pupille. Es wurden ihm nun $1^1/_2$ Tropfen Nicotin, in Wasser gelöst, in den Schlund eingeflösst; es folgt deutliche Verengerung beider Pupillen. Reaction gegen Licht sehr deutlich. Reizung des Sympathicus giebt gar keine Erweiterung; nach kurzer Zeit aber wird Erweiterung bei Reizung des Sympathicus bemerkbar und nimmt bald zu.

Ich muss hinzufügen, dass die Angabe v. Wittich's (Leydig, Lehrb. d. Histolog. 1857 S. 257), Mannoir's (sur l'organisation de l'iris) u. A., dass bei Vögeln kein Dilatator pupillae existire und die Reizung des Halssympathicus keinen Einfluss auf die Weite der Pupille übe, hinsichtlich der Hühner und Tauben wenigstens, meinen Erfahrungen durchaus widerspricht, wie schon aus Vers. III. zu ersehen ist. Bei Hühnern sowohl wie bei Tauben tritt constant eine Erweiterung der Pupille auf Reizung des Sympathicus ein. Die Erweiterung ist zwar geringer als bei Säugethieren, doch deutlich genug, um nicht übersehen zu werden. Wenn man also den Sympathicus dieser Thiere nicht zu den Hemmungsnerven rechnen will, so ist man gezwungen, die Anwesenheit eines Dilatator pupillae anzunehmen, der ja übrigens beim Truthahn

sehr entwickelt von Kölliker gefunden worden ist (Mikrosk. Anat. Bd. II. 2. S. 643, 1854).

Die Resultate der anderen Versuche fasse ich nun kurz zusammen.

Bei Tauben erhielt ich stets eine bedeutende Verengerung, mit elliptischer Form der Pupille, die ebenso wie beim Huhn ziemlich schnell verging. Reaction gegen Licht erhalten.

Bei der Katze trat bei Nicotinvergiftung stets eine sehr deutliche Pupillenverengerung (bei Lichteinfall war selbige bis auf einen linienförmigen Schlitz verengert) mit vollkommener Reaction gegen Licht und verringerter Erweiterbarkeit ein.

Bei Kaninchen, denen der Sympathicus schon seit längerer Zeit durchschnitten war, und die starke, unmittelbar nach der Operation einzutreten pflegende Verengerung der Pupille einer geringeren, aber dennoch deutlichen, constanten Verengerung Platz gemacht hatte, bewirkte Nicotin eine geringe Zunahme der Pupillenenge.

Bei Hunden war die Verengerung der Pupille nach Nicotingaben nicht immer, jedoch meist sehr deutlich; Erweiterung der Pupillen sah ich nie. Reaction gegen Licht blieb erhalten. Die Pupille erweiterte sich nach Nicotin, bei Reizung des Sympathicus, erst schwach, dann gar nicht; nach längerer Zeit (ungefähr 1 Stunde) kehrte die Erweiterbarkeit der Pupille durch Sympathicus-Reizung wieder.

Die Dauer der Nicotinwirkung auf die Pupille war bei Vögeln geringer als bei Säugethieren.

Nach directer Application reinen Nicotins oder starker Lösungen desselben auf die Conjunctiva des Auges trat bei allen Thieren Keratitis mit dauernder Pupillenverengerung ein.

Aus allem Erwähnten geht zur Genüge hervor, dass Nicotin bei den genannten Thieren immer eine Pupillenverengerung verursacht; diese Verengerung kommt zu Stande, nicht durch stärkere Erregung des Sphincter pupillae, sondern durch Herabsetzung oder völlige Aufhebung der Erregung des Dilatator (Parese oder Paralyse desselben). Diese Lähmung hat ihren Sitz in den Endigungen der pupillenerweiternden Nerven. Dass sie nicht in dem Gehirn ihren Sitz hat, dafür spricht der Um-

stand, dass sie sich ebenso im vor der Vergiftung durchschnittenen Sympathicus wie im unversehrten manifestirt, indem elektrische Reizung desselben am Halse während der Nicotinwirkung keine Erweiterung zur Folge hat. Dass die von Kölliker (Virch. Arch. Bd. X. S 257) gefundene Thatsache, dass das Nicotin die Muskelerregbarkeit nicht vernichte, auch auf die Irismuskeln bezogen werden darf, dafür spricht mir ein Versuch, in dem ich bei einem Kaninchen, bei dem das Nicotin eine starke Verengerung der Pupille hervorgebracht und die Sympathicus-Reizung keine Spur von Erweiterung gab, durch directe Reizung des Bulbus eine sehr starke Pupillenerweiterung erhielt, die ja nur durch erhaltene Muskelerregbarkeit des Dilatator bewirkt werden konnte.

Dass die Verengerung unmittelbar nach Beginn der Wirkung stärker ist, bald aber geringer wird und in dieser Stellung längere Zeit (bis zum Aufhören der Wirkung) verharrt, erkläre ich mir auf folgende Weise: die durch das Nicotin rasch hervorgerufene Lähmung bedingt ein Erschlaffen des sonst beständig tonisch erregten Dilatator, der (schon durch das Licht) erregte Sphincter erhält auf diese Weise, ganz wie es bei der Sympathicus- und Trigeminus-Durchschneidung der Fall ist, das Uebergewicht und schnellt, so zu sagen, zusammen, macht aber anfangs eine zu starke Excursion, die nur kurze Zeit anhält, bis sich die Kräfte des sich contrahirenden Sphincter und der Elasticität des Dilatator ausgeglichen haben. In dieser Gleichgewichtsstellung bleibt nun die Pupille während der ganzen Dauer der Nicotinwirkung[1]). Ich bemerke nur noch, dass die erste, stärkere Verengerung bei Vögeln noch kürzere Zeit anhält als bei Säugethieren, was wahrscheinlich auf der Verschiedenheit der Irismuskeln (quergestreifte und glatte) beruht.

---

1) Die constante tonische Erregung der Irismuskeln scheint mir durch das Factum, dass nach Sympathicus-Durchschneidung eine beständige Pupillenverengerung eintritt, genügend erwiesen. Uebrigens sind es ja nicht die einzigen beständig erregten Muskeln im Organismus. Ich erinnere hier an den Sphincter Ani und den dauernd contrahirten Brücke'schen Muskel bei latenter Hypermetropie.

Dass die durch Nicotin bewirkte Pupillenverengerung durchaus nicht die Folge einer stärkeren Anregung des Oculomotorius resp. des Sphincter ist, geht aus Vers. II. hervor, da das Nicotin, nach Durchschneidung des Trigeminus resp. der pupillenerweiternden Nervenfasern, bei ganz unversehrtem Oculomotorius, auch nicht eine Spur von Verengerung der Pupille hervorzurufen vermochte. Auch die in allen Fällen mehr oder weniger erhalten gebliebene Reaction gegen Licht spricht gegen einen Reizungszustand des Sphincter.

Dass eine durch Sympathicus-Durchschneidung enger gewordene Pupille bei der Nicotinvergiftung noch enger wird, enthält in sich keinen Widerspruch, da bekanntlich mit dem Sympathicus nicht alle pupillenerweiternden Nervenfasern verlaufen.

Die so gewonnenen Resultate versuchte ich nun zur Untersuchung der mydriatischen Wirkung des Atropins zu verwerthen. Ich fand hiebei, dass wenn man einem Thiere, bei dem durch Nicotinvergiftung eine Myosis hervorgerufen war, Atropin ins Auge träufelte, die Myose bald schwand und die Pupille eine mittlere Weite annahm, in der sie ungefähr so lange, wie die Nicotinwirkung anzudauern pflegte, verharrte, um dann in eine vollkommene Mydriasis überzugehen; diese hielt dann so lange wie gewöhnlich (2—5 Tage) an.

Ebenso schwand die durch Atropin bewirkte Mydriasis sehr schnell, sobald das Thier Nicotin bekam; die Pupille nahm die mittlere Weite an, verharrte in selbiger während der ganzen Dauer der Nicotinwirkung und wurde dann wieder mydriatisch wie zuvor. Die mittlere Weite war etwas geringer als die Weite einer Pupille, die nach Durchschneidung des entsprechenden Sympathicus mittelst Atropins mydriatisch gemacht wird, zu sein pflegt. Während dieser Stellung ist auch nicht die geringste Spur von Bewegung an der Iris wahrzunehmen; sie ist vollständig gelähmt. Diese Versuche wurden am Kaninchen und der Katze angestellt.

Diese letzten Versuche beweisen nichts Neues, stimmen aber vollkommen mit derjenigen Erklärung der Wirkung des

Atropin, nach welcher dieses Gift blos den Pupillarast des N. oculomotorius resp. den Sphincter pupillae lähmt, ohne den Sympathicus resp. Dilatator pupillae zu reizen, ja sogar eher, gleichzeitig mit Herabsetzung der Erregungsfähigkeit anderer Nerven, auch die Erregung des Sympathicus vielleicht vermindert (natürlich aber blos unbedeutend). Diese Ansicht, von Budge (Ueber die Bewegungen der Iris etc. 1855), Braun (Arch. f. Ophth. Bd. V. Abth. II.) u. A. ausgesprochen, gewinnt mehr und mehr an Wahrscheinlichkeit, ja wird fast zur festen Thatsache erhoben, wenn man berücksichtigt, dass die Irismuskeln beständig in einer Art von tonischer Erregung sich befinden, also bei Erschlaffung des Sphincter gar keine neue Reizung des Dilatator nöthig ist, um Erweiterung der Pupille zu erhalten. Das negative Resultat de Ruyter's, dem es nicht gelang, durch elektrische Reizung des Sympathicus eines atropinisirten Auges eine noch stärkere Mydriasis hervorzurufen, woraus er auf eine schon vorhandene Reizung des Dilatator schliesst, wird durch die Angabe des Dr. Zelenski widerlegt (Virch. Arch. Bd. XXIV. H. 3 u. 4. S. 403), welcher im ad maximum atropinisirten Auge, bei Curarevergiftung im Momente des Todes, eine noch stärkere Pupillenerweiterung eintreten sah, (wahrscheinlich in Folge der Erregung der Medulla oblongata durch Dyspnoe), sowie durch die Thatsache, dass bei durchschnittenem Sympathicus die Pupille durch Atropin weniger erweitert ist, bei Reizung des Nerven am Halse aber bis zum Maximum erweitert werden kann, wovon ich mich mehrmals überzeugt habe. Auch müsste, wenn die Atropinwirkung auf einer Reizung des Sympathicus beruhen würde, bei zu anhaltender und intensiver Anwendung dieses Mittels eine Ueberreizung des Sympathicus, also eine Erschlaffung des Dilatators, ein Zurückgehen der Pupillenerweiterung, wenn nicht gar eine Myosis eintreten, was meines Wissens noch nie beobachtet wurde. Ich gab Kaninchen, denen ja das Atropin sonst nichts weiter schadet, bis 10 Gr. Atropin, ohne dass etwas der Art eintrat.

Schliesslich einige Worte über die durch innerlichen Gebrauch von Morphium entstehende Pupillenenge, wie auch über die angeblich antagonistische Wirkungsweise des Morphium und Atropin.

Nach hypodermatischen Morphiumeinspritzungen sah ich sowohl bei Kaninchen wie bei Hunden constant eine mehr oder weniger beträchtliche Pupillenverengerung; von einer vorhergehenden Erweiterung habe ich nichts bemerkt. Bei der Katze sah ich eine deutliche Erweiterung der Verengerung vorhergehen; Dr. Braun (Op. cit.) hat bei Morphiumeinträufelungen ins Auge, also bei sehr minimalen Dosen, constant eine Pupillenerweiterung gesehen. Während der Pupillenverengerung reagirt die Pupille auf Licht sehr deutlich. Reizung des Sympathicus zeigt bei Hunden eine merkliche Verminderung der Pupillenerweiterbarkeit; diese Verminderung verschwindet mit Aufhören der Narkose; bei Kaninchen ist sie weniger deutlich. Volle Lähmung des Sympathicus tritt nie ein, selbst nach den stärksten Dosen nicht. Immer kommt die Parese des Sympathicus sehr langsam zu Stande und die Erholung beginnt schon, wenn der Hund noch in tiefer Narkose ist. Die Pupille verengert sich noch dann, wenn sie vor der Vergiftung, in Folge einer Durchschneidung des entsprechenden Sympathicus, schon enge war. Die Verengerung ist also intensiver als nach Sympathicusdurchschneidung, etwas geringer als nach Nicotin. Bei Vögeln übt das Morphium keinen deutlichen Einfluss auf die Pupille aus.

Bei vollkommener Atropin-Mydriasis wird durch Morphiumeinspritzungen unter die Haut keine wahrnehmbare Abnahme derselben bewirkt. Ebenso ruft Atropin scheinbar eine ebenso vollkommene Mydriasis wie gewöhnlich bei Thieren hervor, denen selbst sehr grosse Dosen Morphium (acet.) unter die Haut gespritzt sind. Es scheint also die Pupillenverengerung nach Morphiumeinspritzungen durch eine Parese (aber keine sehr starke) des Dilatator pupillae bedingt zu sein. Ob diese Parese die Folge einer Herabsetzung der Muskelerregbarkeit, oder einer verminderten Erregungs- oder Leitungsfähigkeit der

Endigungen der pupillenerweiternden Nerven, lasse ich unerörtert.

Die Fälle von Vernichtung der Wirkung von Atropinvergiftung auf die Pupille durch Morphiumeinspritzung unter die Haut sind, wie mir scheint, folgendermassen zu erklären. Dosen, die schon ziemlich starke Vergiftungserscheinungen hervorrufen, bewirken, innerlich genommen, eine noch schwache Mydriasis, um die es sich auch in diesen Fällen handelt (v. Gräfe, Verhandl. d. Berl. Med. Gesellsch., in d. Deutsch. Kl. 1861 Nr. 16.). Der Sphincter ist in diesen Fällen nicht vollkommen gelähmt, sondern blos paretisch; er ist aber nicht im Stande, den sich contrahirenden Dilatator zu überwinden, daher leistungsunfähig. Durch die Morphiumeinspritzung wird nun auch der Dilatator paretisch, geschwächt; der Sphincter ist nun im Stande ihn zu überwinden; die Pupille erlangt dadurch ihre Beweglichkeit wieder. Es kann hier aber von keiner Schwächung der Atropinwirkung durch das Morphium die Rede sein, vielmehr kommt zu der Parese des einen Irismuskels durch das Morphium noch eine Parese des zweiten hinzu.

Ich schliesse diese kurze Mittheilung, indem ich Herrn Dr. Rosenthal meinen innigsten Dank für die mir geleistete Unterstützung ausspreche.

Berlin, Anfangs April 1863.

Anmerkung. Vor kurzem kam ich durch die Güte des Herrn Dr. E. Michaelis in den Besitz von Calabar-bean-Extract. Die Wirkung desselben auf die Pupille ist ähnlich der des Nicotin. Die Verengerung ist sehr stark und Reizung des Sympathicus vermag nur noch ganz geringe oder gar keine Erweiterung zu bewirken. Allmählich kehrt seine Wirksamkeit wieder. Nach vorheriger vollkommener Lähmung des Sphincter durch Atropin bewirkt das Extract mittlere Weite der Pupille bei vollständiger Reactionslosigkeit gegen Licht. Der Dilatator wird also gelähmt, vielleicht auch gleichzeitig der Sphincter gereizt.

Berlin, den 7. Juli 1863. J. Rosenthal.

Zergliederung oberer Extremitäten mit angeborenen Defecten an der Hand.

Von

Prof. Wenzel Gruber in St. Petersburg.

(Hierzu Taf. IX.)

I. Linke Extremität mit einer in Folge angeborenen Defectes des Mittel- und Ringfingers dreifingerigen Hand.

Unter anderen Leichen, welche im October 1862 der practisch-anatomischen Anstalt an der medico-chirurgischen Akademie in St. Petersburg zugeführt wurden, befand sich auch eine, die an der linken Hand nur drei Finger besass. Sie gehörte einem 27jährigen Manne (Kronbauer) an, welcher im Peter-Paul's Hospitale an Ileotyphus gestorben war. Nach den von Dr. Thielmann, dem Oberarzte dieses Hospitales, eingezogenen Erkundigungen soll der Bauer alle Arbeiten der Ackerbauern und gewöhnlicher Arbeiter von Jugend auf verrichtet und mit der Hand mit angeborenem Defecte zweier Finger alle Verrichtungen, wie mit einer normalen, ausgeführt haben.

Aeusseres Aussehen.

Der Körper ist gross und bis auf die linke Hand wohlgebaut. Die linke obere Extremität ist schmächtiger und, vom Acromion abwärts zur Spitze des längsten Fingers gemessen,

auch um $1^1/_2$ Zoll kürzer als die rechte, also allerdings weniger entwickelt als diese, allein dessenungeachtet und abgesehen von den Defecten an der Hand von normalem Aussehen. Die linke Hand (Fig. 1.) ist schmäler als die rechte und um 1 Zoll kürzer als diese. Dieselbe besitzt nur 3 Finger, wovon der erste zweigliederig ist, die beiden anderen dreigliederig sind. Der zweite, mittlere Finger ist der längste, übertrifft aber den dritten Finger an Länge nur um ein Geringes. Die Hand ist vom Unterarm auf gewöhnliche Weise abgegrenzt. Ihr Ulnarrand ist ungewöhnlich schräg und entsprechend der Lage des Metacarpo-Phalangealgelenkes vorspringend. Das Thenar ist fast so wie an der rechten Hand entwickelt, das Hypothenar springt aber weniger hervor als das bei letzterer. In der Hohlhand sind die Daumen-, schiefe, und Finger-Furche gut sichtbar. Dieselben gehen jedoch alle am Radialrande der Mittelhand in einander über. Die Hohlhandseite der Finger weiset die gewöhnlichen Querfurchen auf. Die Finger sind normal gebildet. Der zweite und dritte Finger, von der oberen Querfurche an der Hohlhandseite zur Spitze gemessen, sind um 3 Lin. kürzer als der Zeigefinger und kleine Finger der rechten Hand.

Der erste Finger ist ein Daumen, der zweite Finger ein Zeigefinger und der dritte Finger ein kleiner Finger, wie theilweise schon aus dem Gesagten erhellt, namentlich aber aus dem Skeletbau der Hand und dem Verhalten der Musculatur klar wird. Der linken Hand fehlte somit der Mittelfinger und Ringfinger.

Die linke Extremität wurde nach vorhergegangener Injection der Arterien präparirt, untersucht und skeletirt, was des Vergleiches halber auch mit der rechten geschah.

Knochen.

Das Schlüsselbein ist schwächer und etwas länger; das Schulterblatt etwas höher und schmäler; das Armbein schmächtiger und um $^1/_2$ Zoll kürzer; die Unterarmknochen sind um $^3/_4$ Zoll kürzer, an den oberen Enden mehr und an den unteren Enden weniger dick als dieselben Knochen der rechten Extremi-

tät. Die überknorpelte Endfläche des Radius ist wie gewöhnlich durch eine feine sagittale Kante in ein dreieckiges Radial- und viérseitiges aber schmäleres Ulnarfeld geschieden. Der Processus styloideus der Ulna fehlt. Die dreieckige Bandscheibe unter dem Capitulum der Ulna ist zugegen.

Die Handwurzel ist schmäler als an der rechten Hand. An der Volarseite derselben ist ausser den vier gewöhnlichen Eminentiae carpi noch eine fünfte, obere mittlere (Fig. II. *a*) zugegen. Diese rührt von einem Fortsatze des Naviculare II. der oberen Reihe der Handwurzelknochen her. Die Handwurzel enthält nur 5 Knochen. Davon liegen in der oberen Reihe drei: das gewöhnliche Naviculare, das durch Verschmelzung des Lunatum mit dem Pyramidale entstandene Naviculare II., und das Pisiforme; in der unteren Reihe: das Multangulum majus und das durch Verschmelzung des Capitatum mit dem gewöhnlichen Hamatum entstandene grosse Hamatum.

Os naviculare (Fig. II. 1.). Sein Radialtheil ist von oben nach unten comprimirt. Die radiale Gelenkfläche der Superficies digitalis ist deshalb platt, während sie sonst gewölbt vorkommt. Sie ist halb oval und articulirt nur mit dem Multangulum majus, während sie sonst dreieckig ist und auf dem Multangulum majus und minus sich bewegt. Uebrigens ist dasselbe ganz so wie ein normales gestaltet. Die Gelenkfläche seiner S. brachialis bewegt sich am radialen Felde des Radius die ulnare Gelenkfläche der S. digitalis am Hamatum und die in diese beide übergehende Gelenkfläche der S. ulnaris am Naviculare II.

Os naviculare II. (Fig. II. 2.) Hat eine dem gewöhnlichen Naviculare ähnliche Gestalt. Obgleich ohne Spur einer Trennung verschmolzen, so lassen sich doch daran das Lunatum und Pyramidale gut erkennen. Während das Naviculare auf dem Hamatum und Multangulum majus schräg radialwärts gelagert ist, sitzt das Naviculare II. schräg ulnarwärts auf dem Hamatum. Die überknorpelte S. brachialis ist verschoben vierseitig, convex. Sie ist in ein kleineres radiales und grösseres ulnares Feld geschieden, wovon ersteres am ulnaren Felde des Radius, letzteres an der dreieckigen Band-

scheibe sich bewegt. Die S. digitalis ist eine unregelmässige, länglich vierseitige Fläche, welche an ihren Rändern, namentlich am radialen und volaren, ausgebuchtet und an ihren volaren Ecken, namentlich an der radialen, sehr ausgezogen erscheint. Mit Ausnahme einer rauhen Rinne unter dem ulnaren Theile der S. volaris, welcher die Gelenkfläche für das Pisiforme trägt, ist sie eine Gelenkfläche von ähnlicher Gestalt wie die S. digitalis. Diese ist von der Dorsalseite zur Volarseite concav, am ulnaren Theile von der Radialseite zur Ulnarseite auch convex, sieht schräg radial- und abwärts und bewegt sich an der ulnaren Gelenkfläche der S. brachialis des Hamatum. Die S. dorsalis ist auf eine kleine, rauhe, rinnenartige Vertiefung reducirt. Die S. volaris ist gross, bogenförmig. An ihrem grösseren radialen Theile ist sie rauh und von oben nach unten convex, an ihrem kleineren ulnaren Theile besitzt sie eine länglich runde, schwach convexe Gelenkfläche, auf der das Pisiforme sich bewegt. Die S. radialis besteht in einer kleinen halbmondförmigen, in die Gelenkflächen der S. brachialis und digitalis übergehende, davon durch schwache Kanten geschiedenen Gelenkfläche, welche am Naviculare articulirt. Die S. ulnaris ist eine grosse, dreieckige, rauhe, freie, convexe Stelle, die zwischen den Gelenkflächen der S. brachialis, digitalis und volaris gelagert ist und in die kleine S. dorsalis übergeht. Die als Fortsatz ausgezogene radiale Ecke der Volarseite des Knochens trägt an ihrer Spitze eine elliptische, noch durch Knorpel vereinigte Epiphyse. Dieser Fortsatz, auf den sich die S. volaris, radialis und die Gelenkfläche der S. digitalis bis auf die Epiphyse verlängert, bildet die fünfte (mittlere obere) Eminentia carpi. (Fig. II. *a*.)

Os pisiforme (Fig. II. 3.). Ist ganz normal gestaltet und articulirt am Naviculare II.

Os multangulum majus (Fig. II. 4.). Ist wie ein normales gestaltet. Allein die Gelenkfläche der S. ulnaris, welche sonst am Multangulum minus articulirt, bewegt sich an der Gelenkfläche der S. radialis des Hamatum. Die S. digitalis hat auch zwei Gelenkflächen, wovon die radiale, sattelförmige auf der Endfläche der Basis des Mittelhandknochens

des Daumens, die ulnare am radialen Nebenfelde der Basis des Mittelhandknochens des Zeigefingers articulirt, allein letztere ist dreieckig und viel grösser als gewöhnlich.

Os hamatum (Fig. II. 5.). Ist der grösste Handwurzelknochen. Abgesehen vom Uncus ist es nicht unähnlich einer vierseitigen, niedrigen, in sagittaler Richtung comprimirten Pyramide mit nach unten gerichteter Basis. Eine kurze, aber tiefe verticale Spalte an der Dorsal- und Volarseite deutet auf ein früheres Getheiltgewesensein in zwei Knochen hin. Auch lässt sich in der That in der ulnaren Portion des Knochens leicht das gewöhnliche Hamatum und in der radialen nicht schwierig das Capitatum erkennen. Die S. brachialis ist ganz überknorpelt, fällt mit ihren Hälften schräg radial- und schräg ulnarwärts ab und nimmt damit die zwei oberen Drittel der Radial- und Ulnarseite der Pyramide ein. Auf der länglich-vierseitigen, S-förmig gedrehten radialen Gelenkfläche bewegt sich das Naviculare. Mit ihrem oberen Theile sieht sie schräg auf- und rückwärts, mit ihrem unteren Theile schräg vorwärts. Auf ihrer ulnaren Gelenkfläche ruht das Naviculare II. Dieselbe ist unregelmässig vierseitig, an den Rändern ausgebuchtet, am oberen radialen Winkel des Volarrandes in eine convexe dreieckige Verlängerung ausgezogen. Abgesehen von dieser Verlängerung ist sie in transversaler Richtung concav und in sagittaler Richtung convex. Beide Flächen flossen in einem in sagittaler Richtung an dem Scheitel der Pyramide verlaufenden, stumpfen, überknorpelten Kamm zusammen. Die S. digitalis ist ebenfalls ganz überknorpelt. Durch eine schwache sagittale Kante zerfällt sie in zwei viereckige Felder. Das radiale unregelmässige Feld, welches in transversaler Richtung schwach convex und in sagittaler Richtung etwas concav ist, articulirt auf dem Mittelfelde der Basis des Mittelhandknochens des Zeigefingers. Das ulnare, in sagittaler Richtung concave Feld articulirt auf dem Endfelde der Basis des Mittelhandknochens des kleinen Fingers.

Die grosse, freie, rauhe und grubenartig vertiefte S. dorsalis hat eine rhomboidale Gestalt. Die S. volaris ist rauh, uneben, unregelmässig vierseitig. Von ihrer unteren ulnaren Ecke

geht rechtwinklig der starke und normal gestaltete Uncus aus. Die S. radialis erscheint als eine dreieckige, schwach sattelförmige, schräg volarwärts sehende Gelenkfläche. Sie geht in die radiale, über ihr liegende Gelenkfläche der S. brachialis über, ist davon durch eine schräg sagittale Kante geschieden und bewegt sich am Multangulum majus. Die S. ulnaris ist eine rauhe, freie, schmale, länglich vierseitige Fläche, welche zwischen den ulnaren Gelenkflächen der S. brachialis und digitalis liegt, hinten unter einem abgerundeten rechten Winkel in die S. dorsalis des Körpers, vorn in die Ulnarfläche des Uncus sich fortsetzt.

Os multangulum minus. Fehlt vollständig.

Von den drei Mittelhandknochen gleicht der radialwärts gelegene, mit nur einer sattelförmigen Gelenkfläche an der S. brachialis der Basis versehene (Fig. II. 6.) völlig dem Mittelhandknochen des Daumens; und der ulnarwärts gelegene, mit einer kopfförmigen Basis versehene, die zwei Gelenkflächen, und zwar eine sattelförmige an der S. brachialis, eine dreieckige, am unteren Rande etwas eingebogene an der S. radialis besitzt (Fig. II. 8.), dem Mittelhandknochen des kleinen Fingers einer normalen Hand. Der zwischen beiden gelegene mittlere (Fig. II. 7.) aber ist durch die dem Zeigefinger eigene mehr keilförmige Basis, welche drei Gelenkflächen aufweiset, als Mittelhandknochen des Zeigefingers charakterisirt. Das Mittelfeld und das radiale Nebenfeld gehören, wie am Mittelhandknochen des Zeigefingers einer normalen Hand, der S. brachialis, das ulnare Nebenfeld der S. ulnaris der Basis an. Das unregelmässig viereckige, schräg ulnarwärts abfallende Mittelfeld ist aber in transversaler Richtung nur schwach concav und in sagittaler Richtung nur am vorderen Theile etwas convex. Das radiale Nebenfeld ist ein schräg radialwärts abfallendes Dreieck mit oberer Basis. Das ulnare Nebenfeld ist ein Dreieck mit hinterer abgerundeter Basis und mit einem vor der Mitte etwas eingebogenen unteren Rande, das in sagittaler Richtung concav ist. Am radialen, rhomboidalen Theile der S. dorsalis sitzt ein flacher Haken zur Insertion der Mm. radiales externi und an der S. volaris ein ähnlicher zur Insertion

des M. radialis internus. Die Gelenkfläche am Mittelhandknochen des Daumens articulirt an der radialen Gelenkfläche der S. digitalis des Multangulum majus. Die radiale Gelenkfläche des Mittelhandknochen des Zeigefingers bewegt sich an der ulnaren Gelenkfläche der S. digitalis des Multangulum majus, die mittlere Endfläche desselben an der radialen Gelenkfläche der S. digitalis des Hamatum und die ulnare Gelenkfläche an der radialen des Mittelhandknochen des kleinen Fingers. Die Endfläche des Mittelhandknochen des kleinen Fingers articulirt an der ulnaren Gelenkfläche der S. digitalis des Hamatum und die radiale Gelenkfläche an der ulnaren des Mittelhandknochen des Zeigefingers. Der Mittelhandknochen des Daumens ist so lang und stark wie derselbe der rechten Hand; der Mittelhandknochen des kleinen Fingers ist stärker aber nicht länger als derselbe der rechten Hand; der Mittelhandknochen des Zeigefingers ist etwas kürzer, aber namentlich an der Basis stärker als derselbe der rechten Hand.

Die Phalangen der drei Finger (Fig. II. 9. 10. 11.) gleichen völlig den Phalangen der entsprechenden Finger einer normalen Hand.

Der Meniscus zwischen dem Radio-Carpalgelenk und dem unteren Radio-Ulnargelenk ist kaum abweichend von dem einer normalen Hand. Das Carpalgelenk communicirt durch eine weite Spalte zwischen den beiden Navicularia mit dem Radio-Carpalgelenk, dann mit dem gemeinsamen Carpo-Metacarpalgelenk. Das Gelenk des Pisiforme communicirt mit dem Radio-Carpalgelenk. Das Daumen-Carpalgelenk ist für sich abgeschlossen.

Muskeln.

Schulter- und Oberarmmuskeln.

Diese verhalten sich normal, abgesehen von einem überzähligen Kopfe des Biceps brachii.

Unterarmmuskeln.

Normal sind: Pronator teres, Radialis internus, Palmaris longus, Ulnaris internus, Pronator quadratus, Brachio-radialis,

Supinator (brevis), Abductor pollicis longus, Extensor indicis proprius und Extensor digiti minimi proprius.

Anomal sind: Flexor digitorum sublimis, Flexor pollicis longus, Flexor digitorum profundus, Radialis externus longus und brevis, Extensor digitorum communis, Extensor pollicis longus und brevis, und Ulnaris externus.

Flexor digitorum sublimis. Hat die gewöhnliche Lage. Entspringt normal, theilt sich aber nur in zwei Bäuche, welche zwei Sehnen hervortreten lassen, wovon die eine zur Mittelphalange des Zeigefingers, die andere zur Mittelphalange des kleinen Fingers sich begiebt und daselbst auf gewöhnliche Weise mit zwei Fascikeln sich inserirt.

Flexor pollicis longus. Lage, Verlauf und Insertion an der Endphalange des Daumens sind normal. Entspringt mit zwei starken, oben durch eine Lücke geschiedenen Portionen. Die eine kommt vom Radius, von der Insertion des Pronator teres bis zum Pronator quadratus hinab, und vom Lig. interosseum; die andere von der Ulna, von der Tuberositas bis zum Pronator quadratus hinab, und vom Lig. interosseum. Durch die Lücke treten die Arteria interossea interna mit den entsprechenden Venen und der Nervus interosseus internus, um vom Körper des Muskels völlig bedeckt am Lig. interosseum hinabzulaufen.

Flexor digitorum profundus. Hat seine gewöhnliche Lage. Entspringt mit zwei hinter einander liegenden Portionen. Die kleine Armbeinportion kommt vom Condylus internus humeri, daselbst mit dem Flexor digit. sublimis verwachsen. Sie ist länglich dreieckig, am Anfange $^3/_4$ Zoll, am Ende $^1/_3$ Zoll breit und 3 Zoll lang. Die starke Ulnarportion kommt von der Ulna, wie der Muskel gewöhnlicher Fälle, aber nicht vom Lig. interosseum. Der Muskelkörper theilt sich in zwei Bäuche mit zwei die des Flexor digit. sublimis durchbohrenden Sehnen, wovon die eine zur Endphalange des Zeigefingers, die andere zu derselben des kleinen Fingers sich begiebt. Durch die Lücke zwischen beiden Portionen treten ulnarwärts die Art. recurrens ulnaris und ulnaris propria, radialwärts ein anomaler Zweig des Nerv. ulnaris.

Radiales externi. Lage und Ursprung sind normal. Sie inseriren sich aber neben einander an den Radialtheil der Rükkenseite der Basis des Mittelhandknochens des Zeigefingers.

Extensor digitorum communis. Lage und Ursprung sind normal. Er theilt sich in drei Bäuche mit drei Sehnen, wovon für jeden der drei Finger, also auch für den Daumen eine bestimmt ist. Die Sehnen für den Zeigefinger und den kleinen Finger theilen sich in die bekannten drei Fascikel, wovon das mittlere zur Mittelphalange, die seitlichen zur Endphalange sich begeben. Die Sehne für den Daumen setzt sich an dessen Endphalange an.

Extensores pollicis. Bilden einen gemeinschaftlichen, von der Ulna und dem Lig. interosseum entspringenden Muskel. Dieser theilt sich in zwei Bäuche mit zwei Sehnen, welche die Sehne des Extensor dig. communis zum Daumen zwischen sich nehmen, mit derselben theilweise sich vereinigen und an die Grundphalange des Daumens sich ansetzen.

Ulnaris externus. Seine an die Basis des Mittelhandknochens des kleinen Fingers sich inserirende Sehne giebt die bekannte anomale feine Sehne ab, die durch eine eigene Scheide des Lig. carpi dorsale verläuft und mit der Sehne des Extensor digiti minimi proprius verschmilzt.

Das Ligamentum carpi dorsale hat statt der normal vorkommenden 6 Scheiden nur 5, abgesehen von der supernumeräre Scheide für die feine Sehne von der des Ulnaris externus zum Extensor dig. minimi proprius. Es treten: durch die 1. Scheide die Sehne des Abductor pollicis longus; durch die 2. Scheide die Sehnen der Radiales externi; durch die 3. Scheide die Sehnen des Extensor digit. communis, der Extensores pollicis und des Extensor dig. indicis proprius; durch die 4. Scheide die Sehne des Extensor digiti minimi proprius; durch die 5. Scheide endlich die Sehne des Ulnaris externus. Die enge supernumeräre Scheide für die feine Sehne von der des Ulnaris externus liegt zwischen der 4. und 5. Scheide.

Handmuskeln.

Normal oder fast normal sind: Abductor brevis und

Opponens pollicis; Abductor, Flexor und Opponens digiti minimi; Palmaris brevis.

Anomal verhalten sich: Flexor brevis und Abductor pollicis; Lumbricales und Interossei.

Flexor brevis pollicis (Fig. III. 1.). Entspringt grösstentheils von beiden Knochen der unteren Handwurzelreihe, namentlich vom Hackenbeine; mit einem starken Bündel aber noch von der Volarseite der Basis des Mittelhandknochens des Zeigefingers und mit einem schwachen Bündel von der Radialseite des Mittelhandknochens des kleinen Fingers. Inserirt sich an das innere Sesambein und an die Ulnarseite der Grundphalange des Daumens. Es war somit von den zwei Bäuchen des normalen Muskels der Autoren nur der innere zugegen. Der Muskel in Henle's Sinne fehlte ganz.

Adductor pollicis (Fig. III. 2.). Entspringt mit drei durch Lücken von einander geschiedenen Bündeln. Das obere, 3 Lin. breite und $1^1/_2$ Lin. dicke Bündel (*) kommt fleischig von der Radialseite des Mittelhandknochens des kleinen Fingers unter dessen Basis. Das mittlere, $1^3/_4$ Zoll lange, 2 Lin. breite und 1 Lin. dicke, platt spindelförmige Bündel (**) geht mit einem kurzen sehnigen Strange aus der hinteren Fläche der Sehne des Flexor digit. profundus zum kleinen Finger und dort hervor, wo der Lumbricalis II. beginnt. Das untere Bündel (***) entsteht fleischig-sehnig von der Volarseite des Mittelhandknochens des kleinen Fingers über dessen Köpfchen und von der Rolle des ersten Fingergelenkes. Der Muskel inserirt sich mit dem Flexor brevis pollicis vereiniget an die Ulnarseite der Grundphalange des Daumens.

Lumbricales (Fig, III. 4. 6.). Es sind zwei vorhanden. Der eine entspringt von der Radialseite der Sehne des Flexor digit. profundus zum Zeigefinger und geht in den Radialrand der Sehne des Extensor digit. communis zu diesem Finger über; der andere entspringt von der Radialseite der Sehne des Flexor digit. profundus zum kleinen Finger und setzt sich in den Radialrand der Sehne des Extensor digit. communis zum kleinen Finger fort.

Interossei. Deren giebt es drei, einen I. internus und

zwei I. externi. Der I. internus (Fig. III. 7.) gehört dem kleinen (3.) Finger an. Dieser entspringt von der Radialseite des Mittelhandknochens des kleinen Fingers und endiget im Radialrande der Sehne des Extensor digit. communis zum kleinen Finger. Die I. externi (Fig. III. 3. 5.) gehören dem Zeigefinger an. Der I. ext. I. kommt mit dem starken Kopfe von der Ulnarseite des Mittelhandknochens des Daumens, mit dem schwächeren Kopfe von der Radialseite des Mittelhandknochens des Zeigefingers und inserirt sich an die Radialseite der Grundphalange des letzteren Fingers. Der I. extern. II. kommt mit dem stärkeren Kopfe von der Ulnarseite des Mittelhandknochens des Zeigefingers, mit dem schwächeren Kopfe von der Radialseite des Mittelhandknochens des kleinen Fingers und endiget mit einer stärkeren, hoch liegenden Portion in den Ulnarrand der Sehne des Extensor digit. communis zum Zeigefinger, mit einer schwächeren tief liegenden Portion an der Ulnarseite der Grundphalange des Zeigefingers.

Zwischen dem Daumenkopfe des I. ext. I. und dem Flexor brevis pollicis existirt ein mit letzterem verwachsenes Muskelbündel, welches 4—5 Lin. unter der Basis des Mittelhandknochens des Daumens 3—4 Lin. breit von dessen Ulnarseite entspringt und mit dem Flexor brevis pollicis an das innere Sesambein des Daumens sich inserirt. Es ist dies das längst bekannte, aber von den Anatomen zum Flexor brevis pollicis gerechnete, von Böhmer, Führer, Henle als I. internus I. aufgestellte, nach meinen Untersuchungen auch an normalen Händen ganz bestimmt nicht constant vorkommende Muskelbündel.

Bei der normalen fünffingerigen Hand ist als Achse eine durch den Mittelfinger gehende Linie zu denken, zu welcher die Finger genähert, d. i. adducirt, und davon entfernt, d. i. abducirt werden. Es müssen 4 Adductoren und 6 Abductoren existiren, wovon der Daumen, Zeigefinger, Ringfinger und kleine Finger je einen Adductor und Abductor; der Mittelfinger aber, welcher von der durch ihn gehenden Handachse radialwärts und ulnarwärts nur abducirt wird, zwei Abductoren erhält. Da aber der Daumen einen eigenen Adductor und

Abductor, der kleine Finger einen eigenen Abductor besitzt; so waren für den Zeigefinger und Ringfinger je ein Adductor und Abductor, für den kleinen Finger ein Adductor und für den Mittelfinger zwei Abductoren, d. i. 3 Interossei interni als Adductoren und 4 Interossei externi als Abductoren — 7 Interossei nöthig. Bei der defecten dreifingerigen Hand geht die Achse auch durch den Mittelfinger, der aber dem Zeigefinger einer normalen Hand gleicht. Zu dieser Achse werden der Daumen und der kleine Finger adducirt, davon aber dieselben Finger und ausserdem der Zeigefinger selbst radialwärts und ulnarwärts abducirt. Es werden daher an derselben 2 Adductoren und 4 Abductoren vorkommen müssen, wovon der Daumen und kleine Finger je einen Adductor und Abductor, der Zeigefinger zwei Abductoren (statt eines Adductor und eines Abductor bei einer normalen Hand) erhält. Da aber der Daumen einen eigenen Adductor und Abductor, der kleine Finger einen eigenen Abductor erhalten hat; so waren für den kleinen Finger noch ein Adductor und für den Zeigefinger, welcher von der durch ihn gehenden Achse radialwärts und ulnarwärts abducirt wird, zwei Abductoren, d. i. für die dreifingerige Hand 1 Interosseus internus als Adductor und 2 Interossei externi als Abductoren nöthig.

Es ist gewiss interessant, zu erfahren, dass nach demselben Gesetze, welches bei der normalen fünffingerigen Hand 7 Interossei bedingt, eine dreifingerige Hand 3 Interossei erhält. Selbst aus dem Verhalten der Interossei bei der defecten dreifingerigen Hand lässt sich ein Schluss machen auf die allein richtige Annahme von 7 Interossei und auf die allein richtige physiologische Eintheilung in 3 Interni und 4 Externi bei der normalen Hand, wie sie Cruveilhier und Theile aufgestellt haben.

Gefässe.

Die Arteria axillaris und brachialis, ihre Aeste und Zweige verhalten sich normal.

Die Unterarmarterien verlaufen und vertheilen sich auf eine ähnliche Weise wie an einer normalen Extremität. Die

Ulnaris communis theilt sich nach einem Verlaufe von 10 Lin. in die 10 Lin. lange Interossea communis und Ulnaris propria. Die Interossea communis giebt die Mediana (profunda) ab. Die Interossea externa verhält sich wie gewöhnlich, schickt aber die Recurrens interossea nicht ab, welche von der Ulnaris communis entspringt. Die Interossea interna dringt zwischen den beiden Portionen des Flexor pollicis longus zum Lig. interosseum. Dieselbe schickt ausser ihrem Endaste zwei starke Perforantes durch das Lig. interosseum zum Rücken des Unterarmes. Die Ulnaris propria giebt die Recurrens ulnaris ab, geht aber mit dieser durch die Lücke zwischen den beiden Portionen des Flexor digit. profundus ab- und ulnarwärts. Ihr Ramus dorsalis ist schwach.

Die Handarterien ahmen, trotz der Defecte der Hand, die Hohlhandbogen wie bei einer normalen Hand vollständig nach. Dieselben Aeste der Radialis und Ulnaris, welche bei ganz normalen Verhältnissen der Hand zu den Hohlhandbogen sich vereinigen, constituiren letztere auch in diesem Falle. So theilt sich der Ramus volaris der Ulnaris (Fig. III. B.) wie gewöhnlich in den Ramus communicans superficialis (c.) und profundus (d.), welcher letzterer zwischen dem Abductor und Flexor brevis digiti minimi sich einsenkt, den Opponens desselben Fingers durchbohrt, um in die Hohlhand zu gelangen. So giebt die Radialis (Fig. III. A.), bevor sie sich an der Handwurzel unter der Sehne des Abductor pollicis longus versteckt, ihren schwachen Ramus volaris (R. communicans superficialis) (a.) ab, welcher zuerst unter dem Abductor pollicis brevis entwischt, diesen dann durchbohrt, geschlängelt verläuft und mit dem Ramus communicans superficialis des Ramus volaris der Ulnaris, bevor dieser in seine Endzweige, die Digitalis volaris radialis für den Daumen und die D. v. radialis für den Zeigefinger, sich theilt, zum Arcus volaris superficialis sich vereiniget. Die Fortsetzung der Radialis am Handrücken (R. dorsalis), nachdem sie an der Handwurzel die Dorsalis pollicis radialis, am oberen Ende des Spatium intermetacarpeum zuerst die starke Metacarpea dorsalis I. (b.), welche als Digitalis volaris ulnaris für den Daumen (α.) sich fortsetzt und einen

schwachen, $2^1/_2$ Lin. langen Communicationsast (α'.) zur Digitalis volaris radialis für den Zeigefinger aus dem Ramus communicans superficialis der Ulnaris abschickt, und gleich darauf die Dorsalis indicis radialis abgegeben hatte, tritt zwischen den Köpfen des Interosseus externus I. in die Hohlhand. Sie theilt sich in die rudimentäre Princeps pollicis und in den Ramus communicans (profundus). Die Princeps pollicis verhält sich wie eine Metacarpea volaris, steigt zwischen dem Flexor brevis und Opponens pollicis abwärts und verliert sich in diesen Muskeln. Der Ramus communicans wird zuerst vom Flexor brevis pollicis bedeckt, taucht dann zwischen ihm und dem oberen Bündel des Adductor pollicis auf und vereiniget sich mit dem Ramus communicans profundus des Ramus volaris der Ulnaris zum Arcus volaris profundus.

Die Mittelhand- und Fingerarterien sind aber Abweichungen unterworfen. Aus dem Arcus volaris superficialis entspringen: 1. die Digitalis ulnaris volaris für den kleinen Finger; 2. eine Dig. vol. communis, welche sich in die Dig. vol. radialis für den kleinen Finger und in die Dig. vol. ulnaris für den Zeigefinger theilt; 3. die Dig. vol. radialis für den Zeigefinger und die Dig. vol. radialis für den Daumen, welche eigentlich die Endäste des Ramus communicans superficialis der Ulnaris sind. (Die Dig. volaris ulnaris für den Daumen wird, wie oben angegeben, von der Metacarpea dorsalis I. abgegeben.) Aus dem Arcus volaris profundus entspringen: 1. die Metacarpea volaris I., welche am Mittelhandknochen des Zeigefingers vom Adductor pollicis bedeckt abwärts steigt; 2. die Metacarpea dorsalis II., welche von der hinteren Seite des Arcus rechtwinklig abgeht, zwischen den Köpfen des Interosseus externus II. durch das Spatium intermetacarpeum II. auf den Rücken der Mittelhand tritt und, entsprechend diesem Spatium, auf dem Interosseus externus II. abwärts läuft; 3. die Metacarpea volaris II., welche längs des Mittelhandknochens des kleinen Fingers abwärts zieht.

Die Venen zeigen keine bemerkenswerthe Abweichungen.

Nerven.

Alle Muskel- und Hautnerven sind zugegen, die an einer normalen Extremität vorkommen. Sie haben denselben Verauf, aber sie variiren in ihrer Vertheilung an der Hand. Ganz anomal ist eine Verbindung, welche ein hoch oben am Unterarme entstandener Zweig des Ulnaris mit seinem Ramus volaris profundus eingeht.

Der Medianus (Fig. III. C.) theilt sich unter dem Lig. carpi volare proprium in zwei Aeste. Der starke Radialast theilt sich sogleich in vier Zweige: Ramus muscularis, Volaris radialis und ulnaris pollicis, V. radialis indicis. Der schwache Ulnarast setzt sich als V. ulnaris indicis fort.

Der Ramus volaris des Ulnaris (Fig. III. D.) theilt sich in den R. v. superficialis und profundus. Der R. v. superficialis giebt den Volaris radialis und ulnaris dig. minimi ab. In der Hohlhand geht vom Volaris ulnaris indicis aus dem Medianus ein kurzer Zweig (β.) zum Volaris radialis dig. minimi aus dem Ulnaris, und umgekehrt ein zweiter eben solcher, jenen kreuzender Zweig (γ.) vom Volaris radialis dig. minimi zum Volaris ulnaris indicis. Vom Volaris ulnaris dig. minimi geht unter der Haut vor der Grundphalange schief abwärts ein langer Zweig (δ.) zum Volaris radialis dig. minimi. Der Volaris ulnaris dig. minimi nimmt einen starken Zweig (ε.) vom Ramus dorsalis des Ulnaris auf. Der R. v. profundus begiebt sich mit dem entsprechenden Aste der Art. ulnaris in die Tiefe der Hohlhand. Bevor er sich unter dem Flexor brevis pollicis versteckt, in diesem und in dem Adductor pollicis sich vertheilt, nimmt er einen starken, hoch oben vom Unterarme kommenden Zweig des Ulnaris auf. Der Ulnaris giebt nämlich gegenüber der Tuberositas ulnae einen starken, bis $^3/_4$ Lin. dicken Ast für den Flexor digit. profundus ab. Dieser Ast verläuft mit der Art. ulnaris propria und recurrens ulnaris durch die Lücke zwischen beiden Portionen des Flexor dig. profundus, durchbohrt dessen Ulnarportion von oben bis nach unten und giebt ihr Zweige. Der starke Endzweig setzt

hinter den Sehnen der Fingerbeuger seinen Verlauf fort und vereiniget sich mit dem R. v. profundus des Ulnaris.

Den Rücken des Daumens versorgen mit Zweigen der Cutaneus brachii externus und der Ramus superficialis des Radialis, den des Zeigefingers letzterer, den des kleinen Fingers der Ramus dorsalis des Ulnaris.

II. Rechte Extremität mit angeboren verkümmertem Zeigefinger.

Der verkümmerte Zeigefinger der rechten Hand kam an der gerichtlich secirten Leiche eines Bauers vor.

Die betreffende Extremität wurde nach vorausgeschickter Injection der Arterien untersucht, später skeletirt, um das Verhalten der Knochen kennen zu lernen.

In den Regionen der Schulter, des Oberarmes und Unterarmes wurde nichts Abweichendes von Belang angetroffen.

Der Handrücken zeigt auch nichts Abnormes. Die Hohlhand weiset die gewöhnlichen Erhabenheiten und Furchen auf, allein die erhöhte Stelle zwischen der Daumenfurche und der oberen Querfurche des verkümmerten Zeigefingers ist gegen den Radialrand der Mittelhand ungewöhnlich schmal, und das untere Ende der Daumenfurche ist 5 Lin. tief. Während der 1. 3. 4. 5. Finger ein ganz normales Aussehen haben, ist am Rücken des Metacarpo-Phalangealgelenkes des Zeigefingers eine Xförmige Furche zu bemerken, welche wie eine Narbe aussieht, aber keine solche ist. An der Hohlhandseite hat der Zeigefinger auch drei Querfurchen, aber die obere ist nur durch eine seichte, schräg radialwärts aufsteigende linienartige Vertiefung angedeutet, und die mittlere fällt mit der oberen des Mittelfingers zusammen. An der letzteren ist der Zeigefinger am schwächsten, fühlt sich wie ein Strang an und ist daselbst sehr beweglich, ohne gelenkig verbunden zu sein. Derselbe ist 1 Zoll 3 Lin. lang, bis 6 Lin. dick, trägt an seiner Endphalange einen Nagel und reicht damit bis 3 Lin. über die mittlere Querfurche des Mittelfingers abwärts. Er legt sich an die Radialseite des Mittelfingers an, welcher hier einen entsprechenden Eindruck aufweiset. (Fig. IV.)

Mit Ausnahme der Knochen des Zeigefingers sind alle übrigen der Hand normal (Fig. V.). Der Zeigefinger selbst hat die gewöhnliche Knochenzahl. Das Capitulum seines Mittelhandknochens (1.) ist aber durch eine Querfurche in einen halbmondförmigen Dorsal- und Volartheil geschieden, letzterer durch zwei Ausschnitte wieder in drei Höcker getheilt. Von seinen drei Phalangen hat die Endphalange (4.) ein normales Aussehen, ist aber kleiner als die des kleinen Fingers. Die Mittelphalange (3.) ist einer Endphalange ähnlich, welche mit ihrem Ende nach aufwärts, mit ihrer Basis nach abwärts gekehrt ist, und hat ungefähr die Grösse einer Endphalange des Mittelfingers. Die Grundphalange (Fig. V. 2.; Fig. VI.) ist durch ein ganz unregelmässiges, aus vier vereinigten Balken bestehendes und mit zwei grossen Löchern oder tiefen Ausschnitten versehenes Knochenstück von länglich vierseitiger Gestalt repräsentirt. Es ist in der einen Richtung 8 Lin., in der anderen 6 Lin. breit, gegen das Capitulum des Mittelhandknochens concav, gegen die Mittelphalange convex. Von den Enden und der Mitte des 8 Lin. langen, $1^3/_4 - 2$ Lin. in der einen Richtung und $1^1/_2$ Lin. in der anderen dicken, quer gelagerten Dorsalbalken (a.) gehen drei andere Balken rechtwinklig ab und zur Volarseite. Letztere sind $3^1/_2 - 5$ Lin. lang. Der radiale (b.) ist der kürzeste, der ulnare (d.) der längste und breiteste. Sie krümmen sich um das Capitulum des Mittelhandknochens gegen die Mittelhand aufwärts. Der mediane (c.) endiget quer abgeschnitten und verbreitert, die anderen endigen hackenförmig gegen den medianen gekrümmt, ohne ihn zu erreichen. In die Querfurche am Capitulum des Mittelhandknochens passt der Dorsalbalken, in die Ausschnitte des Volartheiles des Capitulum der radiale und mediane Balken der Grundphalange. Die Löcher oder Ausschnitte der letzteren nehmen den radialen und medianen Höcker des Volartheiles des Capitulum des Mittelhandknochens auf.

Der Mittelhandknochen ist mit der ganz verkümmerten Grundphalange durch eine Gelenkkapsel ziemlich frei beweglich vereiniget, welche im Inneren durch eine Art Pseudostränge durch-

setzt wird, die von dem Capitulum des Mittelhandknochens zu den Balken der Grundphalange sich begeben.

Der verkümmerte Zeigefinger erhält zu seiner Bewegung dieselben Muskeln wie ein normaler. Die Sehnen der Flexoren und Extensoren sind aber schwächer und der Interosseus internus I. ist verkümmert.

Zur Bildung des gewöhnlichen Arcus volaris superficialis der Arterien ist es nicht gekommen. Die Mediana versorgt den Daumen, den Zeigefinger und die Radialseite des Mittelfingers; der Ramus volaris superficialis der Ulnaris den kleinen Finger, den Ringfinger und die Ulnarseite des Mittelfingers mit Hohlhand-Fingerarterien. Der verkümmerte Zeigefinger erhält daher seine Digitalis radialis aus der Mediana. Diese Dig. radialis verläuft ungemein geschlängelt, nimmt einen Zweig der Dig. radialis des Mittelfingers auf und giebt an der verkümmerten Mittelphalange des Zeigefingers für diesen die Dig. ulnaris ab, welche zwischen der Mittelphalange und den Sehnen der Flexoren zur Ulnarseite des Zeigefingers tritt. Die Dorsalis indicis radialis kommt von der Radialis, bevor diese zwischen den Köpfen des interosseus externus I. in die Hohlhand dringt, und theilt sich in drei Zweige.

Der verkümmerte Zeigefinger erhält wie ein normaler vom Nervus medianus die Volaräste und vom Ramus superficialis des Nervus radialis die Dorsaläste. Erstere sind kaum schwächer als die bei einem normalen Zeigefinger.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Linke dreifingerige Hand eines 27jährigen Mannes.

1. Daumen.
2. Zeigefinger.
3. Kleiner Finger.

Fig. II. Skelet derselben.

1. Naviculare.
2. Naviculare II.

3. Pisiforme.
4. Multangulum majus.
5. Hamatum.
6. Mittelhandknochen des Daumens.
7. „ „ Zeigefingers.
8. „ „ kleinen Fingers.
9. Phalangen des Daumens.
10. „ „ Zeigefingers.
11. „ „ kleinen Fingers

α. Fortsatz des Naviculare II. mit einer knorplich vereinigten Epiphyse — Eminentia carpi V.

Fig. III. Muskeln, Gefässe und Nerven der Hohlhandseite derselben.

1. Musculus flexor brevis des Daumens.
2. „ adductor „ „
   * Oberes Bündel
   ** Mittleres „ } des Adductor.
   *** Unteres „
3. „ interosseeus xternus I.
4. „ lumbricalis I.
5. „ interosseus externus II.
6. „ lumbricalis II.
7. „ interosseus internus.

A. Arteria radialis.
B. „ ulnaris.
C. Nervus medianus.
D. „ ulnaris (Ram. volaris).

a. Ramus volaris der Art. radialis.
b. Metacarpea dorsalis I. derselben.
c. Ramus communicans superficialis der Art. ulnaris.
d. „ „ profundus derselben.

α. Art. dig. vol. ulnaris des Daumens aus der Metacarpea dorsalis I.
α'. Ram. comm. zur Art. dig. vol. radialis des Zeigefingers aus derselben.
β. Zweig des Ram. vol. ulnaris für den Zeigefinger aus dem Medianus zum Ram. vol. radialis für den kleinen Finger aus dem Ulnaris.
γ. Zweig des letzteren zum ersteren.
δ. Zweig des Ram. vol ulnaris für den kleinen Finger zum Ram. vol. radialis für denselben Finger.
ε. Zweig des Ram. dorsalis des Ulnaris zum Ram. vol.

ulnaris für den kleinen Finger aus dem Ram. vol. superficialis des Ulnaris.

Fig. IV. Rechte Hand mit verkümmertem Zeigefinger eines Mannes.

Fig. V. Skelet derselben.

1. Mittelhandknochen des Zeigefingers.
2. Grundphalange „ „
3. Mittelphalange „ „
4. Endphalange „ „

Fig. VI. Grundphalange derselben (Ansicht von der Digitalseite).

a. Dorsaler Balken derselben.
b. Radialer „ „
c. Medianer „ „
d. Ulnarer „ „

Einige Versuche mit dem Strom des ruhenden Nerven.

Von

Dr. Charles E. Morgan aus Amerika.

Während Prof. E. du Bois-Reymond in seinen berühmten „Untersuchungen über thierische Elektricität" die Anordnung der wirksamen und der unwirksamen Bestandtheile in dem Muskelgewebe durch directe Versuche festgestellt hat, ist dies bis jetzt für den Nerven noch nicht geschehen. Bei Gelegenheit einer von mir unternommenen Bearbeitung des du Bois'schen Buches für das englische Publicum habe ich neuerdings unternommen, diese Lücke auszufüllen, wobei ich mich

des Elektrogalvanometers von Meyerstein[1]) und der neuen Zink-Zuleitungsgefässe von Prof. E. du Bois-Reymond bediente[2]).

Die erste Frage hierbei war: Spielt das Neurilemm gleich dem Perimysium nur die Rolle eines unwirksamen feuchten Leiters, oder ist es das positive Element der den Nervenstrom erzeugenden Kette? Um diese Frage zu beantworten, stellte ich mit Stücken des Ischiadnerven von *Rana esculenta* folgende Anordnung her: Bausch, natürlicher Längsschnitt, d. h. Neurilemm, Nervensubstanz, natürlicher Längsschnitt, Bausch; ähnlich der, welche du Bois-Reymond mit dem Muskel hergestellt hat[3]). Ich bekam aber beim Schliessen den Strom in der gewöhnlichen Richtung und in unverminderter Heftigkeit, ein Beweis, dass das Neurilemm nur eine einfach leitende Hülle ist und dass keine elektromotorische Wechselwirkung zwischen ihm und den anderen Geweben des Nerven stattfindet.

Die nächste Frage war dann: Wie gestaltet sich der Nervenstrom, wenn der Nerv vom Neurilemm befreit und auf eine ganz kleine Anzahl von Primitivnervenröhren reducirt ist? Die Antwort auf diese Frage wird ermöglicht durch die sinnreiche Methode, welche der für die Wissenschaft zu früh verstorbene E. Harless aufgefunden hat, um — für mikroskopische Zwecke — die Nervenfasern aus dem Neurilemm ganz unverletzt herauszuziehen. Er beschreibt dieselbe folgendermassen:

„Man nimmt das Endglied der mittleren Zehe des Froschschenkels zwischen die Finger der einen Hand, mit den Nägeln zweier Finger der anderen hält man den Nerv an seinem Austritt aus dem Becken fest und spannt in wagerechter Rich-

1) Henle und Pfeuffer's Zeitschrift f. rat. Med. 3. R. Bd. XI. 1861. S. 193 Taf. IX.

2) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu elektrophysiologischen Zwecken von E. du Bois-Reymond. Berlin 1863. S. 88 Fig. 1. Taf. I.

3) Untersuchungen über thierische Elektricität Bd. I. S. 558 Fig. 50. Taf. V.

tung das ganze Präparat mit sehr langsam wachsender Stärke an. Bald tritt ein Zittern in allen Schenkelmuskeln ein und plötzlich vermindert sich der Widerstand, welchen man bis dorthin bei dem Ziehen an dem Nerv gefühlt hatte. Jetzt ist die äussere Nervenscheide vor der Stelle, an welcher man ihn festgehalten, ringsum gerissen, und zwar bald näher, bald entfernter von jener Stelle. Vollkommen widerstandslos, denn das Gewicht des Schenkels vermag es allein, zieht man von da an den ganzen Nerv mit fast allen seinen Verzweigungen durch den Rest der äusseren Scheide heraus“ [1]).

Dass die so erhaltenen Nervenfasern vom Neurilemm befreit sind, ist leicht zu beweisen, wenn man einen Theil davon unter das Mikroskop bringt oder unter Wasser auseinander flottiren lässt. Es hält nicht schwer, den Vorgang zu erklären. Das Neurilemm ist nicht so dehnbar wie die eigentliche Nervensubstanz und reisst bei einer Gewalt, die lange nicht hinreicht, um die Continuität der letzteren zu unterbrechen, gerade wie die mittlere Arterienhaut von einer Ligatur um die Arterie durchschnitten wird, während die beiden anderen Häute vollkommen erhalten sind. Dieser Versuch misslingt, nach Harless, sehr selten im Sommer und im Frühjahr (zweimal unter zwölf Fällen), während im Winter das Misslingen die Regel ist, ausgenommen, wenn das obere Stück des Ischiadicus durch Liegen an der Luft etwas trocken, oder wenn sein Neurilemm durch die Einwirkung saurer Dämpfe eingeschrumpft und dadurch resistenter ist [2]).

Ich nahm ein kleines Bündel auf diese Weise isolirter Primitivnervenröhren und legte sie mit künstlichem Längs- und Querschnitt auf die mit Thonschildern versehenen Bäusche der Zink-Zuleitungsgefässe. Es entstand ein Ausschlag von 10 s.c., der einen Strom vom Längs- zum Querschnitt im Multiplicator anzeigte, wie das Gesetz es verlangt. Es ist zunächst klar, dass dieser Strom nicht von der Gegenwart ir-

1) Moleculäre Vorgänge in der Nervensubstanz von E. Harless. Abh. II. S. 539 (9 des Separat-Abdrucks). München 1858.

2) Ibid. S. 540 ff. (10 ff. des Separat-Abdrucks).

gend eines fremden Gewebes, etwa von Bindegewebe, von Blut- oder Lymphgefässen, stammt, indem diese alle mit dem Neurilemm entfernt wurden.

Wegen der Klebrigkeit des Präparats und der Hartnäckigkeit, mit welcher es an der Pincette haftet, thut man wohl, das Nervenstück einem Glimmerstreifen entlang zu legen, dessen eines Ende ein kleines Loch hat, wodurch der künstliche Längsschnitt in Berührung mit dem einen Bausch kommt, während der künstliche Querschnitt über das andere Ende des Blattes hervorragt, nur eben weit genug, um den zweiten Bausch berühren zu können.

Jetzt war es leicht, zu zeigen, dass das Gesetz des Nervenstromes für den künstlichen so gut wie für den natürlichen Längsschnitt gilt. Indem ich ein ziemlich langes Nervenstück einem Glimmerstreifen entlang legte, der mit einem engen Längsspalt versehen war, so dass nur der künstliche Längsschnitt mit den Bäuschen in Berührung kommen konnte, fand ich, dass ein Punct in der Nähe des Aequators positiv war gegen einen weiter davon entfernten, während kein Strom entstand, wenn die beiden Puncte symmetrisch zum Aequator gewählt waren[1]).

Aber vielleicht wird jetzt gefragt, ob nicht einfach in der Wechselwirkung zwischen der primitiven Nervenscheide und der Nervensubstanz die eigentliche Ursache des Nervenstromes zu suchen ist? Um diese Frage zu beantworten, machte ich mit Bruchstücken eines vom Neurilemm befreiten Nerven denselben Versuch, den Prof. E. du Bois-Reymond schon früher mit ringsum von künstlichen Flächen begrenzten Bruchstücken eines Muskels angestellt hat[2]).

Die beiden Bäusche mit ihren Thonschildern waren so nahe wie möglich an einander gebracht, und während auf dem einen Bausche ein Nervenbruchstück der Länge nach lag, war der Spalt zwischen den Bäuschen durch ein eben solches Bruchstück überbrückt, dessen Querschnitt aber nicht den Bausch,

1) Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I. S. 515. 516

2) Ebendas. S. 559 Fig. 52. Taf. IV.

sondern den Längsschnitt des ersten Bruchstückes berührte. Glimmerblättchen sicherten die verschiedenen Querschnitte vor ungehöriger Berührung mit den Bäuschen. Beim Schliessen erhielt ich den Strom in gewohnter Richtung und Stärke, obwohl ich die symmetrische Anordnung von: Bausch, Nervenscheide, Nervensubstanz oder Inneres, Nervenscheide, Bausch hatte. Dieser Versuch beweist aber nicht nur, dass keine Wechselwirkung zwischen Nervenscheide und Inhalt stattfindet und dass die Scheide nur eine unwirksame leitende Hülle wie das Neurilemm ist, sondern auch, dass es überhaupt keine Isolation im Nerven giebt, d. h. keine isolirende Fettschicht zwischen einem wirksamen Axencylinder und der unwirksamen Nervenscheide[1]), weil, wenn dies so wäre, dann die Wirkung dieser Schicht hier verdoppelt sein musste, was aber nicht der Fall ist.

Demnächst wäre zu erwägen, ob vielleicht eine elektromotorische Wechselwirkung zwischen dem Axencylinder und dem Nervenmark die Ursache des Nervenstromes sein könne. Wir könnten zwar hier einfach sagen, wie Viele es gethan haben, dass der Axencylinder nur ein von der Einwirkung chemischer Agentien oder von Leichenveränderungen herrührendes Kunstproduct ist und dass im Leben der Inhalt des Nervenrohres ein halbflüssiges, homogenes Gemisch von vielem Fett und verschiedenen eiweissartigen Substanzen ist[1]). Inzwischen wollen wir diesen Ausweg nicht ergreifen. In der That sprechen zu viele Beobachtungen für die entgegengesetzte Ansicht, um noch ferner deren Richtigkeit zu bezweifeln. Als solche erscheinen mir vorzüglich folgende. 1. Viele Nervenröhren haben keine weisse Substanz[1]), z. B. die Nervenendigungen im elektrischen Organe von *Torpedo*, *Gymnotus* und *Malaptèru-*

1) Galvani, Opere edite et inedite etc. De viribus Electricitatis etc. P. IV. p. 105; Dell' uso e dell attività dell' Arco conduttore etc. p. 24. 245. 246. — Vgl. du Bois-Reymond, Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 49 und Bd. II. Abth. I. S. 275 ff. — Schwann, mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berl. 1839 S. 176.

2) Valentin, Repertorium d. Physiologie 1838 S. 76. 1839 S. 79.

rus[1]), in den Muskeln des Frosches[2]), der Haut der Maus und der Ratte, im Herzen und in der Hornhaut aller Thiere[3]), die blassen Endfasern in den Pacini'schen Körperchen, den Endkolben und Tastkörperchen[4]), in der Schnecke[5]), der Retina[6]) und in der Riechschleimhaut[7]) u. s. w. 2. Die Nervenzellen, obwohl aus einem Eiweisskörper bestehend, mit sehr nahe wenn nicht ganz denselben chemischen Reactionen als der Axencylinder, und mit einer Scheide, die nur eine Verlängerung der Nervenscheide ist, haben kein sichtbares Mark. Andererseits fehlt es nicht an Beweisen dafür, dass der Axencylinder allein ausreicht, um die Function des Nerven auszuüben. Kölliker hat gefunden, dass die Froschnerven noch einige Zeit nach der Gerinnung des Markes erregbar bleiben[8]), und Harless bemerkte eine ungeheure Steigerung der Erregbarkeit, nachdem der grösste Theil des Markes durch die Verschrumpfung der Scheide in Folge von Trocknens ausgepresst war[9]). Endlich giebt Schiff[10]) an, dass bei der Vernarbung durchschnittener Nerven die Empfindlichkeit in den früher gelähmten Theilen zu einer Zeit wiederkehrt, wo die Narbe nur einfache Nervenscheiden und Axencylinder ohne eine Spur von Mark enthält, oder wo dies ganz degenerirt ist.

Ich halte es daher für wahrscheinlich, dass der Axencylinder präexistirt, aber nicht als ein solides, resistentes, plattgedrücktes Filament in der Mitte des Nervenrohres, sondern

---

1) M. Schultze, zur Kenntniss d. elektr. Org. d. Fische. I. u. II. Halle 1858—59. (Torpedo, Gymnotus, Malapterurus).

2) Kühne, d. peripherischen Endorg. d. mot. Nerven. Leipz. 1862.

3) Kölliker, Gewebelehre. 4. Aufl. 1863. S. 288.

4) Krause, die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860.

5) Otto Deiters, Unters. über die lamina spiralis membranacea. Bonn 1860.

6) M. Schultze, de Retinae structura penitiori. Bonn 1859.

7) M. Schultze, Untersuch. üb. d. Nasenschleimhaut. Halle 1862.

8) Vitalität d. mot. Nerven d. Frosches, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX. S. 417.

9) Mol. Vorg. u. s. w. I. u. II. Abh.

10) Moleschott, Untersuch. z. Naturlehre u. s. w. Bd. VI. S. 183.

als eine halbflüssige Masse von einer Dichte und einem Brechungsvermögen, welche sich so wenig von denen des Markes unterscheiden, dass es bis jetzt unmöglich gewesen ist, ihn im lebenden Nerven zu sehen. Vielleicht werden auch spätere Mikroskopiker in dem Nervenrohr eine Structur finden, ähnlich der, welche Prof. Brücke in den primitiven Muskelfasern entdeckt hat, nämlich doppeltbrechende Theilchen mehr oder weniger regelmässig in einer einfach brechenden Grundmasse eingebettet[1]), und in diesem Falle mehr nach der Mitte des Nervenrohres gedrängt, um den sogenannten Axencylinder zu bilden.

Jetzt erst sind wir im Stande, unsere letzte Frage hinsichtlich der elektromotorischen Wechselwirkung zwischen Nervenmark und Axencylinder zu beantworten, und zwar dürfte dieselbe aus folgenden Gründen zu verneinen sein. 1. Müssten dann die marklosen Nerven keinen Strom besitzen, der ihnen doch zweifellos zukommt; 2. hat E. du Bois-Reymond gezeigt, dass bei einer solchen Vertheilung der ungleichartigen Gebilde im Nerven die von ihm sogenannten Bewegungserscheinungen des Nervenstromes unerklärlich bleiben, zu deren Ableitung man vielmehr genöthigt ist, im Nerven, wie im Muskel, elektromotorische Molekeln in bestimmter und je nach den Umständen wechselnder Anordnung anzunehmen.

1) Untersuchungen über den Bau der Muskelfas. mit Hülfe d. pol. Lichtes. Wien 1858.

Ein Beitrag zur Frage über den Ort der Kohlensäurebildung im Organismus.

Von

Stud. med. J. Sachs aus Charkow.

Die Frage, ob die Kohlensäure in den Geweben oder in dem die Capillargefässe durchströmenden Blute gebildet wird, und wie die Bildung derselben zu Stande kommt, verdient wohl mit Recht die Aufmerksamkeit, welche ihr in letzter Zeit von Seiten vieler Physiologen gewidmet wird; von der Lösung dieser Frage hängt wohl unter Anderem auch das zukünftige Schicksal des „inneren Athmens" ab, wie Ludwig so trefflich den innerhalb des Körpers zwischen den Geweben der Organe und dem kreisenden Blute vorgehenden Gasaustausch bezeichnet. Um diese Frage ihrer Erledigung näher zu bringen, habe ich auf Veranlassung des Herrn Professor Sczelkow einige Versuche angestellt, deren Beschreibung den Inhalt folgenden Beitrages bildet. Leider musste ich, durch verschiedene Umstände genöthigt, mit der angefangenen Arbeit auf eine unbestimmte Zeit abbrechen; da aber die schon gemachten Versuche ein geschlossenes Ganzes darstellen, so beschloss ich, sie hier im Folgenden mitzutheilen. Vorher möchte ich aber einige Worte über das Geschichtliche der Gase im Blute überhaupt sagen, da diese Frage mit der unsrigen in sehr nahem Verhältnisse steht.

Bekanntlich war der berühmte Berliner Physiker Magnus[1]) der Erste, der die Anwesenheit von Gasen im Blute unwiderleglich bewiesen hat; die Untersuchungen dieses Forschers waren

1) Poggendorff's Annalen Bd. 40. S. 583 u. Bd. 66. S. 177.

zu ihrer Zeit von grosser Bedeutung, da sie hauptsächlich zum Sturze der Athmungstheorie von Lavoisier beigetragen haben; jetzt aber können wohl seine Untersuchungen nur einen historischen Werth haben.

Die Gase, deren Anwesenheit im Blute Magnus bewiesen hatte, waren Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, die nach seiner Ansicht einfach diffundirt und nicht chemisch gebunden im Blute existiren. Die Unrichtigkeit einer solchen Ansicht wurde aber schon von Harley[1]) bewiesen, der auf seine Versuche gestützt zu dem Schlusse gelangte, dass der Sauerstoff eine höchst lose aber chemische Verbindung mit einigen Blutbestandtheilen eingeht. Von noch grösserem Belange sind die Versuche von Lothar Meyer[2]), der zuerst die quantitativen Verhältnisse der Blutgase genau bestimmt und ausserdem dargethan hat, dass der Sauerstoff und die Kohlensäure theilweise im Blute diffundirt sind, während ein viel grösserer Theil dieser Gase chemisch gebunden ist. Die bald darauf erschienene Arbeit von Setschenow[3]) bestätigte zwar im Allgemeinen Meyer's Angaben, doch zeigte dieselbe, dass die Menge der durch Anwendung des Vacuums nicht zu gewinnenden Kohlensäure eine viel geringere ist, als Meyer behauptete. Es erwies sich aber bald, dass die ungeheuere CO_2-Menge, welche Setschenow mit seinem Apparate ohne Säurezusatz aus dem Blute erhalten, nicht im Ganzen als einfach diffundirt existirte. Es ist nämlich durch Schöffer's[4]) Untersuchungen höchst wahrscheinlich gemacht worden, dass der grösste Theil der im Blute vorhandenen Kohlensäure mit phosphorsaurem Natron eine chemische Verbindung bildet, eine Verbindung, die aber so lose ist, dass sie durch eine blosse Druckverminderung zerstört werden kann.

---

1) Ueber die chemische Veränderung des Blutes bei der Respiration. Virch. Arch. Bd. 11. S. 107.

2) Die Gase des Blutes. Gött. 1857.

3) Beiträge zur Pneumatologie des Blutes. Wiener Sitzungsber. Bd. 36. S. 293.

4) Ueber die Kohlensäure des Blutes und ihre Ausscheidung mittelst der Lunge. Wiener Sitzungsber. Bd. 41. S. 589.

Die Versuche von Schöffer und Sczelkow[1]), die uns genaue vergleichbare Analysen der Gase des arteriellen und venösen Blutes geliefert haben, gaben uns endlich einen Begriff von denjenigen Veränderungen, welche das Blut in Beziehung auf seine Gase beim Durchtritt durch die Capillargefässe erleidet.

Das Endresultat aller dieser Untersuchungen kann man in folgenden Worten zusammenfassen: Der Stickstoff ist nur als einfache Lösung im Blute vorhanden; der Sauerstoff ist grösstentheils mit dem Inhalte der rothen Blutkörperchen chemisch gebunden; die Kohlensäure ist theils diffundirt, theils chemisch gebunden. Der grösste Theil der letzteren entweicht schon bei blosser Druckverminderung, während der weit geringere Theil erst nach Säurezusatz aus dem Blute entfernt werden kann.

Indem wir jetzt zur Frage, die uns hier specieller beschäftigen soll — zur Frage, wo die Kohlensäure gebildet wird — übergehen, müssen wir einige Worte vorausschicken, um sowohl den jetzigen Standpunct derselben zu zeigen, als auch diejenigen Gründe zu beleuchten, welche uns zu unseren Versuchen geführt haben.

Wir können über den Ort der CO_2-Bildung dreierlei voraussetzen: 1. die Kohlensäure wird in den Geweben gebildet und tritt aus ihnen in's Blut über; 2. die Kohlensäure wird im Blute gebildet, und 3. an der CO_2-Bildung nimmt sowohl das Blut als das Gewebe der Organe Antheil.

Die meisten Physiologen neigen sich zu der Annahme, dass die Bildung der Kohlensäure in den Geweben unter Einfluss des aus dem Blute stammenden Sauerstoffs vor sich geht. Zu Gunsten dieser Annahme kann man in der That einige Thatsachen anführen, die geradezu beweisen, dass das Gewebe (Muskelgewebe) die Fähigkeit besitzt, in freiem Sauerstoffe Kohlensäure zu bilden; dieses Factum ist durch die Versuche von G. Liebig und Valentin über allen Zweifel erhoben worden. Für diese Ansicht scheint noch der Umstand zu spre-

1) Zur Lehre vom Gasaustausch in verschiedenen Organen. Wiener Sitzungsber. Bd. 45. S. 172.

chen, das nach L. Meyer im Blute, das seines Fibrins und seiner Kohlensäure beraubt, und nachher mit Sauerstoff imprägnirt worden ist, keine CO_2-Bildung mehr vor sich gehen kann. Diese Erscheinung könnte man dadurch erklären, dass zur Bildung der Kohlensäure die Mitwirkung der Gewebe nothwendig ist. Wir müssen aber hier bemerken, dass dieser Versuch viel weniger beweiskräftig ist, als es auf den ersten Blick scheinen könnte, da man gegen ihn vorbringen kann, dass erstlich das Blut, mit welchem L. Meyer experimentirt hatte, defibrinirt war, ein Umstand, den wir nicht geradezu ausser Acht lassen können; zweitens wissen wir, dass bei der Gasauspumpung die Blutkörperchen, die doch bei der O-Aufnahme gewiss keine unwichtige Rolle spielen, ihre Eigenschaften einbüssen konnten. (Rollet.)

Zu Gunsten der Ansicht, dass die CO_2 im Blute selbst, nicht in den Geweben gebildet wird, scheinen die directen Beobachtungen von Kleczinsky[1]) und Harley (a. a. O.) zu sprechen, die eine energisch oxydirende Wirkung des defibrinirten Blutes anzeigen; aber nach dem obenerwähnten Meyer'schen Versuch wäre es wenigstens gewagt, die von Kleczinsky und Harley beobachteten Thatsachen auf das normale Blut zu übertragen. Eine andere Thatsache, die gewöhnlich für die CO_2-Bildung im Blute vorgebracht wird, ist die bekannte Beobachtung von Cl. Bernard, dass das Blut, welches aus der Vene der thätigen Speicheldrüse hellroth hervorfliesst, viel rascher dunkler wird als arterielles Blut; zur Erklärung dieser Erscheinung könnte man annehmen, dass beim Durchtritt des Blutes durch die Capillargefässe der Speicheldrüse in dasselbe irgend ein Stoff aus den Geweben übergetreten, der sich mit dem Sauerstoff verbindend, CO_2 gebildet und also das Dunklerwerden des Blutes verursacht hat. Liesse man eine Verallgemeinerung dieses Factums zu, so könnte man es in der That zu Gunsten der CO_2-Bildung im Blute anführen. Ohne die Richtigkeit der Bernard'schen Beobachtung in Abrede stellen zu wollen, können wir dennoch dieselbe als Beweis für

1) Canstatt's Jahresberichte 1854 S. 104.

CO_2-Bildung im Blute nicht anerkennen. Schon Sczelkow (a. a. O. S. 199) erwähnt, dass das Dunklerwerden des Blutes nicht immer mit einer Verringerung seines O-Gehaltes zusammenfällt; auch ich hatte bei meinen Versuchen die Gelegenheit, mich von der Richtigkeit dieser Angabe zu überzeugen (siehe Vers. 6). Wir sehen also, dass wir aus der dunkleren Farbe des Blutes durchaus nicht auf O-Verminderung und CO_2-Bildung schliessen dürfen. — Viel mehr Gewicht, wenigstens auf den ersten Blick, hat ein anderer Umstand, welcher, wenn auch nicht direct für die Bildung der Kohlensäure im Blute, doch wenigstens gegen ihre Bildung in den Geweben sprechen könnte. Es ist nämlich von Ludwig[1]) die Einwendung gemacht worden, dass, wenn die Kohlensäure in den Geweben gebildet wird und aus ihnen ins Blut übertritt, die CO_2-Spannung in den Gewebsflüssigkeiten viel grösser sein müsse als im Blute. Directe Beobachtungen zeigen aber gerade das Gegentheil. So wissen wir durch Planer, dessen Resultate von Schöffer bestätigt sind, dass im Harne ungefähr 4,4 % CO_2 enthalten sind; ein ähnliches Resultat gaben die Versuche von Setschenow[2]), die Gase der Milch betreffend, wo die CO_2-Menge zwischen 5,01 — 6,72 % schwankt. In letzter Zeit ist endlich von Schumowsky[3]) gezeigt worden, dass das Muskelgewebe ungefähr 14,4 % CO_2 enthält, eine Menge, die freilich viel grösser ist als die CO_2-Menge im Harne oder in der Milch, die aber noch weit hinter derjenigen im Blute zurückbleibt. Diese Bemerkung verliert aber ihren ganzen Werth, wenn wir uns nur erinnern, dass aller Wahrscheinlichkeit nach der grösste Theil von Kohlensäure im Blute mit phosphorsaurem Natron chemisch gebunden, und dass nur der weit geringere Theil diffundirt ist. —

Aus allem bisher Gesagten ist also ersichtlich, dass wir über die CO_2-Bildung im Organismus nur so viel mit Sicherheit wissen, dass dieselbe in den Geweben auf Kosten des in

1) Lehrb. d. Physiologie des Menschen. 2. Aufl. Bd. 2. S. 473.

2) Pneumatologische Notizen. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. X. S. 286.

3) Materialien zur Physiologie der Ernährung, im Wochenblatt für Med. (in russischer Sprache).

ihnen enthaltenen Sauerstoffs zu Stande kommen kann. Ist nun die Bildung von Kohlensäure auch im Blute möglich? — darüber wissen wir bis jetzt nichts Entschiedenes. Es wäre aber überflüssig, noch zu beweisen, dass so lange diese letzte Frage nicht so oder anders gelöst sein wird, auch die Frage über den Ort der CO_2-Bildung nicht vollkommen klar erscheinen wird.

In der Voraussetzung, dass diese Frage experimentell gelöst werden kann, unternahm ich einige Versuche, deren Beschreibung uns jetzt beschäftigen wird. Die Methode, nach welcher die Versuche angestellt worden sind, bestand darin, dass wir gleichzeitig zwei Portionen Blut in zwei Recipienten mit allen nöthigen Vorsichtsmassregeln, um den Zutritt der äusseren Luft zu verhindern, auffingen und sie stark mit Quecksilber schüttelten, um die Bildung grösserer Gerinnsel zu verhindern. Die Gasauspumpung aus der einen Portion wurde sogleich vorgenommen, die andere blieb aber in gut geschlossenem Recipienten eine bestimmte Zeit bei Zimmertemperatur sich selbst überlassen, und nach Verlauf dieser bestimmten Zeit wurden auch die Gase aus der zweiten Portion ausgepumpt. Jeder Versuch besteht also eigentlich aus zwei einzelnen Versuchen, da, um die quantitativen Veränderungen der Gase beim Stehen des Blutes genauer bestimmen zu können, eine genaue Kenntniss des Gasgehaltes des frischen Blutes nothwendig war.

Die Gasauspumpung geschah mit dem Ludwig-Setschenow'schen Apparate; die Analysen der Gase wurden nach den bekannten Methoden von Bunsen ausgeführt.

Versuch 1.

Zwei Portionen Blut gesammelt (immer aus der Art. carotis des Hundes). Die Gasauspumpung aus der einen gleich nach dem Ansammeln vorgenommen, aus der anderen nach Verlauf von 12 Stunden. Die Farbe der letzten Portion war zu Ende dieser Zeit etwas dunkler als arterielles Blut.

A.[1])

Angewandtes Blutvolum — 51,6 Cub.Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	20,1	0,66950	34,980	21,813
Nach CO_2-Absorption . .	20,1	0,57330	16,014	8,551
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	21,8	0,32608	27,413	8,278
Nach H-Zusatz	21,8	0,54188	63,466	31,850
Nach Verpuffen	17,3	0,34330	27,794	8,973
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	17,6	0,58222	14,795	8,055
Nach CO_2-Absorption . .	18,8	0,60040	12,939	7,268

B.

Angewandtes Blutvolum — 46,7 Cub.Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	20,1	0,66690	32,234	20,027
Nach CO_2-Absorption . .	20,1	0,56880	9,626	5,100
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	19,1	0,31395	17,196	5,045
Nach H-Zusatz	19,1	0,52375	52,287	25,592
Nach Verpuffen	18,0	0,40544	32,197	12,247
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	17,6	0,62902	24,286	14,352
Nach CO_2-Absorption . .	18,8	0,64120	21,396	12,835

	Auf 100 Vol. fr. Blut	Auf 100 Vol. Blut nach 12stünd. Stehen	C.
freie Gase	42,273	42,884	+0,611
freie CO_2	25,701	31,963	+6,262
O	15,265	9,524	−5,741
N	1,307	1,400	+0,093
chem. geb. CO_2	1,525	3,248	+1,723

Versuch 2.

Zwei Portionen Blut genommen. Die eine sogleich ausge-

1) A. bezeichnet die Analyse der Gase des frischen, B. des gestandenen Blutes, C. den Unterschied der beiden Gasanalysen.

pumpt, die andere nach 24 Stunden. Die Farbe der zweiten Portion nach Verlauf von 24 Stunden stark dunkler als arterielles.

A.

Angewandtes Blutvolum — 55 Cub. Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	21,5	0,69783	35,288	22,829
Nach CO_2-Absorption . .	20,1	0,59200	12,275	6,737
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	20,2	0,32349	21,895	6,595
Nach H-Zusatz	20,9	0,49492	50,725	23,321
Nach Verpuffen	20,6	0,30795	19,264	5,516
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	21,0	0,58391	14,672	7,955
Nach CO_2-Bildung . . .	19,9	0,60360	13,857	7,798

B.

Angewandtes Blutvolum — 53,4 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	21,5	0,69283	34,706	22,291
Nach CO_2-Absorption . .	20,1	0,58240	8,142	4,417
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	19,2	0,29065	16,267	4,417
Nach H-Zusatz	19,1	0,40455	35,532	13,747
Nach Verpuffen	19,1	0,27405	13,367	3,408
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	20,1	0,62361	26,804	15,522
Nach CO_2-Absorption . .	19,9	0,63880	24,958	14,862

Auf 100 Vol. fr. Blut		Auf 100 Vol. Blut nach 24st. Stehen	C.
freie Gase	40,985	41,743	+0,758
freie CO_2	28,890	33,471	+4,581
O	10,655	6,451	−4,204
N	1,240	1,821	+0,954
chem. geb. CO_2	0,281	1,235	+0,581

Versuch 3.

Die Gasauspumpung aus der zweiten Portion geschah nach 48 Stunden. Das Blut nahm eine intensiv dunklere Färbung an.

A.

Angewandtes Blutvolum — 42,8 Cub. Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	17,2	0,69801	28,350	18,617
Nach CO_2-Absorption . .	14,5	0,58222	11,057	6,113
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	17,1	0,28853	22,410	6,085
Nach H-Zusatz	17,7	0,40386	41,791	15,851
Nach Verpuffen	14,8	0,19452	5,761	1,063
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	14,8	0,55908	11,125	5,900
Nach CO_2-Absorption . .	16,3	0,57433	10,288	5,576

B.

Angewandtes Blutvolum — 45,9 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	17,2	0,68581	30,731	19,828
Nach CO_2-Absorption . .	14,5	0,53382	1,582	0,802
In's Eudiometer übergeführt:				
Da die übrig gebliebene Gasmenge sehr gering und zur Analyse unbequem war, so wurde vor der Gasüberführung ein gewisses Quantum von CO_2 befreiter Luft ins Eudiometer eingelassen.				
Angewandter Luftzusatz . .	14,2	0,37176	35,549	12,563
Uebergeführte Gasmenge .	15,6	0,37556	37,556	13,170
Nach H-Zusatz	15,2	0,52070	61,225	30,200
Nach Verpuffen	17,0	0,46270	51,296	22,344
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	14,8	0,56748	8,761	4,716
Nach CO_2-Absorption . .	16,3	0,56663	5,001	2,674

Auf 100 Vol. fr. Blut	Auf 100 Vol. Blut nach 48st. Stehen	C.
freie Gase 43,497	42,721	−0,776
freie CO_2 29,215	41,361	+12,146

Auf 100 Vol. fr. Blut		Auf 100 Vol. Blut nach 48st. Stehen.	C.
O	11,563	0,040	−11,523
N	2,719	1,320	−1,399
chem. geb. CO_2	0,757	4,439	+3,682

Versuch 4.

Die Gasauspumpung aus der zweiten Portion ebenfalls nach 48 Stunden. Die Farbe des Blutes ist stark dunkler geworden.

A.

Angewandtes Blutvolum — 48,5 Cub. Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	19,0	0,69955	33,163	21,690
Nach CO_2-Absorption	15,6	0,59700	12,994	7,338
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	16,6	0,30674	25,164	7,277
Nach H-Zusatz	16,6	0,54304	63,717	32,620
Nach Verpuffen	16,6	0,37424	36,478	12,870
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	16,6	0,67994	31,866	20,426
Nach CO_2-Absorption	17,3	0,68090	28,938	18,531

B.

Angewandtes Blutvolum — 49,1 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	19,0	0,68775	33,685	21,660
Nach CO_2-Absorption	15,6	0,57430	1,817	0,987
In's Eudiometer übergeführt:				
Luftzusatz	16,4	0,44511	47,904	20,115
Uebergeführte Gasmenge	17,6	0,46292	48,749	21,202
Nach H-Zusatz	18,1	0,62955	76,328	44,963
Nach Verpuffen	17,7	0.53033	61,972	30,867
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	18,0	0,64474	23,103	13,975
Nach CO_2-Absorption	18,2	0,61880	19,434	11,275

Auf 100 Vol. fr. Blut		Auf 100 Vol. Blut nach 48st. Stehen	C.
freie Gase	44,722	44,114	−0,608
freie CO_2	29,592	42,104	+12,512
O	13,677	1,029	−12,648
N	1,453	0,981	−0,472
chem. geb. CO_2	3,907	5,499	+1,592

Versuch 5.

Zwei Portionen Blut entnommen. Die Gase aus der einen nach 48, aus der andern nach 72 Stunden ausgepumpt. Die Farbe des Blutes ist in beiden Gefässen intensiv dunkler geworden.

A.

Angewandtes Blutvolum — 47,9 Cub. Cmtr.

	Temp	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	24,3	0,68201	35,339	22,134
Nach CO_2-Absorption . .	19,9	0,53680	1,871	0,936
In's Eudiometer übergeführt: Von Sauerstoff konnten nur Spuren nachgewiesen werden.				
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	18,8	0,58505	13,460	7,367
Nach CO_2-Absorption . .	18,2	0,58320	11,134	6,087

B.

Angewandtes Blutvolum — 52,6 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	24,3	0,69071	38,866	24,653
Nach CO_2-Absorption . .	19,9	0,51300	2,692	1,287
Nach Ueberführung in's Eudiometer konnten nur Spuren von Sauerstoff nachgewiesen werden.				
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	18,8	0,65155	23,712	14,455
Nach CO_2-Absorption . .	18,2	0,64800	21,749	13,213

Auf 100 Vol. Bl. nach 48st. Stehen		Auf 100 Vol. Bl. n. 72st. Steh.	C.
freie Gase	46,208	46,868	+0,660
freie CO_2	44,254	44,422	+0,168
N + O	1,954	2,446	+0,492
chem. geb. CO_2	2,676	2,361	−0,315

Schliesslich will ich hier noch einen Versuch anführen, welcher angestellt war, um uns von der Meyer'schen Angabe, dass im defibrinirten Blute, welches noch Sauerstoff enthält, keine CO_2 mehr gebildet werden kann. Bei diesem Versuche verfuhr man folgendermassen: In einer Schale wurde ein gewisses Quantum Blut angesammelt, durch Schlagen defibrinirt und in zwei Recipienten, in denen schon etwas Quecksilber vorhanden war, gebracht; die auf den Blutrecipienten aufgebundenen Kautschukröhren wurden mit Klemmen sorgfältig geschlossen. Ein Behälter wurde mit dem Auspumpungsapparate sogleich vereinigt, der andere aber blieb bei Zimmertemperatur 48 Stunden stehen. Selbstverständlich musste bei einer solchen Manipulation eine gewisse Menge CO_2 aus dem Blute entweichen, vielleicht trat auch hierbei etwas Sauerstoff aus der Luft ins Blut über. Da wir aber bei diesem Versuche nicht die quantitative Bestimmung, sondern nur die relativen Gasveränderungen beim Stehen des defibrinirten Blut bestimmen wollten, so konnten diese Umstände für uns keine Bedeutung haben.

Versuch 6.

A.

Angewandtes Blutvolum — 45,9 Cub. Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	16,5	0,65623	25,996	16,088
Nach CO_2-Absorption . .	17,9	0,61240	13,019	7,483
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	20,2	0,30479	25,510	7,240
Nach H-Zusatz	19,6	0,45323	50,238	21,245
Nach Verpuffen	19,0	0.20645	7,820	1,509

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	16,5	0,58163	15,716	8,620
Nach CO_2-Absorption . .	17,9	0,59710	13,504	7,568

B.

Angewandtes Blutvolum — 51,0 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	16,9	0,68187	26,527	17,035
Nach CO_2-Absorption . .	17,7	0,59040	14,733	8,169
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	18,8	0,30045	28,780	8,090
Nach H-Zusatz	18,3	0,44455	52,808	22,002
Nach Verpuffen	18,2	0,17225	6,890	1,113
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	16,9	0,61747	21,395	12,441
Nach CO_2-Absorption . .	17,7	0,59150	19,554	10,863

	Auf 100 Vol. fr. defibr. Bl.	Auf 100 Vol. defibr. Bl. n. 48st. Steh.	C.
freie Gase	34,974	33,401	−1,573
freie CO_2	18,706	17,384	−1,322
O	14,771	13,777	−0,994
N	1,497	2,240	+0,743
chem. geb. CO_2	2,287	3,094	+0,807

Die Angabe von L. Meyer hat also ihre vollkommene Richtigkeit. Bemerkenswerth ist dieser Versuch noch dadurch, dass obgleich das Blut nach 48stündigem Stehen eine intensiv dunklere Färbung annahm, die relativen Gasverhältnisse in demselben in Vergleich mit den Gasen im frischen defibrinirten Blute unverändert geblieben sind. Ein solches Dunklerwerden des Blutes ohne Verringerung des Sauerstoffgehaltes ist schon, wie oben gesagt, von Sczelkow beobachtet worden.

Betrachten wir die bei unseren Versuchen erhaltenen Ergebnisse, so erlauben wir uns Folgendes zu schliessen:

1. Die Gase des Blutes, das, aus dem Organismus entfernt, bei Zimmertemperatur sich selbst überlassen wird, verändern

sich der Art, dass der Sauerstoff allmälig schwindet, an dessen Stelle neugebildete CO_2 tritt; dabei ist es bemerkenswerth, dass immer mehr CO_2 gebildet wird, als Sauerstoff verschwunden ist.

2. Mit dem Stehen des Blutes wächst immer die Menge der chemisch gebundenen CO_2; wir wollen hierbei darauf aufmerksam machen, dass, wie Schöffer und Sczelkow gezeigt haben, die Menge der chemisch gebundenen CO_2 auch im venösen Blute immer grösser ist als im arteriellen.

3. Die Zahl unserer Versuche ist zwar zu gering, um einen genauen Begriff von den Zeitverhältnissen dieser Veränderungen im Gasgehalte des aus dem Organismus entfernten Blutes geben zu können; so viel aber können wir behaupten, dass nach Verlauf von 48 Stunden der Sauerstoff im Blute bis auf Spuren verschwunden ist, und dass beim weiteren Stehen dieses Blutes, keine weitere Veränderung in seinen Gasen vor sich geht.

4. Aus den Veränderungen der Stickstoffmenge erlauben wir uns gar keine Schlüsse zu ziehen; die von uns beobachteten Schwankungen können von den so schwer zu vermeidenden Fehlern, die sowohl bei der Analyse, als auch bei dem Gasauspumpen sich einschleichen, herrühren.

5. Die Anwesenheit des Fibrins ist eine nothwendige Bedingung für die CO_2-Bildung im Blute; was für eine Rolle das Fibrin dabei spielt, können wir vor der Hand nicht angeben.

Vergleichen wir die von uns erhaltenen Ergebnisse mit denen, welche Setschenow bei seinen Analysen der Blutgase des erstickten Thieres bekommen hat, so finden wir, dass diese Ergebnisse einander sehr nahe stehen. Grösserer Deutlichkeit halber führen wir hier die Setschenow'schen Zahlen an:

	Versuch 1.	Versuch 2.	Versuch 3.	Versuch 4.
freie Gase	37,534	31,298	42,163	40,648
freie CO_2	33,168	28,012	38,152	38,857
O	1,161	Spuren	Spuren	Spuren
N	4,728	1,399	1,181	1,955
chem. geb. CO_2	4,366	3,286	4,011	1,791

Eine Vergleichung dieser Zahlen mit den unsrigen zeigt offenbar, dass die Veränderungen, welche die Blutgase im Körper, nachdem der Gasaustausch durch die Lungen aufgehoben ist, mit denen, welche diese Gase in geschlossenen Gefässen erfahren, in sehr nahem Verhältnisse zu einander stehen; der ganze Unterschied besteht nur in der Zeit: für die Gase des Blutes, das noch im Organismus circulirte, genügten wenige Minuten, um solche Veränderungen zu erleiden, zu welchen das Blut ausserhalb des Organismus wenigstens 48 Stunden nöthig hatte. Selbstverständlich drängt sich hier die Frage auf, was wohl die Ursache eines solchen Zeitunterschiedes sein könne? Analysiren wir alle die Momente, welchen die so viel energischere CO_2-Bildung in den Setschenow'schen Versuchen in Vergleich mit den unsrigen zugeschrieben werden kann, so finden wir, dass die Hauptunterschiede darin bestanden, dass 1. die CO_2-Bildung im Blute des erstickten Thieres bei einer viel höheren Temperatur zu Stande kam, als bei unseren Versuchen, und 2. befand sich das Blut bei den Setschenow'schen Versuchen in Berührung mit den Geweben, was bei unseren Versuchen nicht der Fall war. Um zu bestimmen, welches dieser beiden Momente den genannten Unterschied herbeigeführt hat, musste ich den Einfluss der Temperatur auf die Blutgase ausserhalb des Organismus erforschen. Es wurden also zu dem Ende folgende zwei Versuche angestellt.

Versuch 7.

Zwei Portionen Blut angesammelt; aus der einen wurden die Gase sogleich ausgepumpt, aus der anderen, welche während der ganzen Zeit bei 0° gehalten wurde, nach Verlauf von 48 Stunden.

A.

Angewandtes Blutvolum — 50,7 Cub. Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	17,7	0,70583	36,584	27,495
Nach CO_2-Absorption . .	18,9	0,60430	13,655	7,718
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	20,2	0,31589	25,922	7,625
Nach H-Zusatz	20,6	0,52505	60,943	29,454
Nach Verpuffen	19,6	0,32803	28,105	8,602
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	19,7	0,55293	11,073	5,711
Nach CO_2-Absorption . .	17,9	0,57770	8,994	4,876

B.

Angewandtes Blutvolum — 51,5 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb. Gase	17,7	0,70843	38,251	28,854
Nach CO_2-Absorption . .	18,9	0,58010	14,407	7,816
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	17,2	0,32969	26,186	7,502
Nach H-Zusatz	17,3	0,51540	55,066	26,691
Nach Verpuffen	18,0	0,30304	19,160	5,447
Chemisch gebundene CO_2:				
Anfangsvol. (mit atm. Luft)	19,7	0,59943	18,781	10,501
Nach CO_2-Absorption . .	17,9	0,61190	16,967	9,744

Auf 100 Vol. fr. Blut	Auf 100 Vol. Bl. n. 48st. Stehen bei 0°	C.
freie Gase 54,23	56,03	+1,80
freie CO_2 39,01	40,85	+1,84
O 14,07	14,31	+0,24
N 1,15	0,87	−0,28
chem. geb. CO_2 1,65	1,47	−0,18

Versuch 8.

Zwei Portionen Blut angesammelt. Die zweite Portion wurde nach 6stündigem Stehen bei 38° ausgepumpt.

A.

Angewandtes Blutvolum — 56,9 Cub. Cmtr.

	Temp.	Dr.	Vol.	Vol. bei 0° u. 1 M. Dr.
Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	19,1	0,70125	39,557	25,926
Nach CO_2-Absorption . .	15,9	0,60360	13,892	7,924
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	16,3	0,35650	23,400	7,812
Nach H-Zusatz	16,6	0,49014	62,603	28,928
Nach Verpuffen	16,8	0,34926	22,237	7,315

Die chemisch gebundene CO_2 ist nicht bestimmt worden.

B.

Angewandtes Blutvolum — 49,8 Cub. Cmtr.

Gesammtmenge d. auspumpb.				
Gase	19,1	0,68245	35,306	22,520
Nach CO_2-Absorption . .	17,0	0,57080	12,424	6,676
In's Eudiometer übergeführt:				
Anfangsvolum	18,0	0,33214	20,700	6,450
Nach H-Zusatz	16,5	0,51853	51,397	25,134
Nach Verpuffen	17,6	0,35792	24,511	8,242

Die chemisch gebundene CO_2 ist nicht bestimmt worden.

Auf 100 Vol. fr. Blut		Auf 100 Vol. Bl. n. 6st. Stehen bei 38°	C.
freie Gase	45,564	45,220	−0,344
freie CO_2	31,637	31,815	+0,178
O	12,660	11,305	−1,355
N	1,277	2,100	+0,823

Wir sehen also, dass 1. bei 0° die Gase des Blutes in Verlauf von 48 Stunden keine merklichen Veränderungen erleiden und dass 2. Blut, 6 Stunden bei der Temperatur des thierischen Körpers stehen gelassen, ebensowenig in seinen Gasen Veränderung erleidet. Es ist also als höchst wahrscheinlich anzunehmen, dass die rasche Gasumsetzung, welche Setschenow beobachtet hatte, durch den Einfluss der Gewebe auf das Blut erklärt werden muss; wir sagen — höchst wahrscheinlich, weil die Umstände uns nicht erlaubten, den letzten Versuch zu wiederholen, um uns vollkommen von seiner Richtigkeit zu überzeugen.

Wir glauben nach unseren Versuchen mit vollem Rechte

behaupten zu können, dass auch im Blute auf Kosten des in ihm enthaltenen Sauerstoffs eine CO_2-Bildung zu Stande kommen kann, dass also die CO_2 nicht ausschliesslich in den Geweben gebildet wird. Damit wollen wir aber durchaus nicht die CO_2-Bildung in den Geweben selbst leugnen; im Gegentheil sind wir vollkommen überzeugt, dass auch in den Geweben selbst eine CO_2-Bildung zu Stande kommt. Fern ist auch von uns der Gedanke, die hier behandelte Frage durch unsere Versuche als erschöpft anzusehen; im Gegentheil wissen wir hier gar nichts davon zu sagen, auf welche Weise die Gewebe bei der CO_2-Bildung im Blute beschleunigend wirken; ebenso bleibt die Frage dahingestellt, welche Stoffe bei diesem Processe im Blute oxydirt werden. Wir betrachten diesen Beitrag nur als einen Versuch, die so wichtige Frage über den Ort der CO_2-Bildung auf unmittelbarem Wege zu lösen.

Schliesslich muss ich dem Hrn. Prof. Sczelkow, der mich bei meinen Versuchen durch Wort und That geleitet hat, meinen wärmsten Dank aussprechen.

Charkow, im Mai 1863.

Die Körperchen in den Closterien und Cosmarien.

Von

Wilhelm Thelen.

Wohl jedem Beobachter der Algen und speciell der Dismidiaceen sind die in manchen Arten der letzteren Algenfamilie oft häufig vorkommenden kleinen Körperchen aufgefallen, die durch ein oft lebhaftes Spiel ihrer Bewegung den Beobachter für längere Zeit zu fesseln im Stande sind. Verschie-

dene Arten von *Closterium* zeigen an ihren Enden solche hin und her hüpfende Körperchen, und wiederum finden sich andere oft noch viel reichlicher in manchen *Cosmarium*-Arten. Wir können die beiden eben genannten, durchaus von einander verschiedenen Körperchen, wie es scheint, als zwei Repräsentanten von Bewohnern der Zellen der Dismidiaceen ansehen. Dass sie durchaus nichts, weder in Form noch Inhalt, mit einander gemein haben, zeigt schon eine oberflächliche Beobachtung. Die Körperchen, welche sich an den Zellenden der mondsichelförmigen Closteriumarten finden, zeigen sich bei hinreichend starker und dabei klarer Vergrösserung äusserst selten rund und auch dann nur abgerundet, gewöhnlich aber viereckig, mit scharfen Kanten und krystallinischer Form. Noch viel deutlicher wird dieses, wenn man die Körperchen isolirt, indem man eine Closteriumzelle zerdrückt, was bei ihrer verhältnissmässig bedeutenden Grösse leicht gelingt. Dieselben zeigen sich dann einzeln, was in der Zelle wegen der Anhäufung derselben nicht zu unterscheiden war, ganz deutlich als rhombische kleine Krystalle. Dass sie wirklich unorganischer Natur seien, wie es die Beobachtung als wahrscheinlich hinstellt, beweist die einfache Probe des Verbrennens. Wenn man mehrere Closteriumzellen auf einem Deckgläschen verbrennt und den Rückstand untersucht, so sind die fraglichen Körperchen unverändert geblieben. Ebenso lassen concentrirte Mineralsäuren, Schwefelsäure, Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure sie in der Kälte unverändert. In Salpetersäure lösen sie sich beim Erwärmen auf. Ihr Unverändertbleiben in der Glühhitze und bei Behandlung mit der alles Organische angreifenden Schwefelsäure beweist ihre unorganische Natur. Bei ihrer grossen Kleinheit, — ihre Länge übersteigt, auch bei den grösseren unter ihnen, selten $^1/_{300}$ M. — entziehen sie sich leicht, wie vorauszusehen, einer genaueren Analyse; de Bary vermuthet es seien Gypskryställchen.

Was ihre Bewegung betrifft, so besteht dieselbe in den Enden der Closteriumzellen in einem ziemlich regen Hin- und Herhüpfen. Dieses wird, wenn man die umliegenden Erscheinungen in einer solchen Zelle ins Auge fasst, leicht als ein

durch die Plasmaströmung bewirktes Fortgerissenwerden erkannt. Durch das Zusammenströmen des Plasmas aus der breiteren Mitte des Closteriums zu seinem schmaleren Ende, entsteht an letzterem die bekannte Vacuole, welche sich genugsam als solche bekundet durch fortwährende Aenderung ihrer Gestalt, je nachdem von dieser oder jener Seite der Andrang des Plasmas stärker ist. In dieser Vacuole unterliegen die darin schwimmenden Körperchen dem verschiedenen Andringen des bald auf- bald abwärts strömenden Plasmas. Da dieses Andringen von allen Seiten ziemlich gleichmässig erfolgt, so gerathen sie natürlich in eine auf- und niedergehende tanzende Bewegung. Aehnliche Körperchen wie in den Vacuolen finden sich auch durch die ganze Zelle einzeln verbreitet. Man kann auch hier verfolgen, wie sie den wechselnden Zellströmungen bald hierhin, bald dorthin folgen. Sie werden dadurch oft einzeln in die Vacuolen hineingetrieben, während auch oft andere diesen entrissen werden. Sie scheinen also lediglich Absetzungen aus dem Lebensprocesse der Zellen zu sein. — Von anderer Beschaffenheit sind andere Körperchen, die noch kleiner, von runder Gestalt in manchen Cosmariumarten sich finden; auch im Pleurotaenium kommen sie oft massenweise vor. Am geeignetsten zu ihrer Beobachtung möchte sich *Cosmarium Botrytis* erweisen, das auch leicht wegen seines häufigen Vorkommens zur Hand ist. Jede Zellhälfte von *Cosmarium Botrytis* wird bekanntermassen von acht Chlorophyllkörpern durchsetzt, dadurch entstehen im scheinbaren Querschnitte der Zelle gewöhnlich fünf, bei Abwesenheit des Chlorophylls ziemlich durchsichtige Räume. Der mittlere ist gewöhnlich, besonders bei etwas älteren Zellen, mit besagten Körperchen so dicht besetzt, dass er nicht selten von ihnen eine braune Färbung annimmt. Er eignet sich deshalb selten zur Beobachtung eines einzelnen seiner Gäste. Dagegen finden sich in den seitlich abgegrenzten Räumen die Körperchen oft sparsam und manchmal einzeln. Man kann sie deshalb hier recht gut beobachten. Sie haben stets eine runde oft ovale, meistens kugelrunde Gestalt, welche sich unverändert hält, auch wenn man die Zelle zerdrückt. So lange sie sich

in einer kräftig vegetirenden Zelle finden, hüpfen sie wie die Kryställchen in den Closterienenden lebhaft hin und her; diese Bewegung lässt nach, wenn die Zelle abstirbt und wenn man dieselbe zerdrückt, ohne jedoch gänzlich aufzuhören. Diese langsamere, auch unabhängig vom Lebensprocesse der Zelle bestehende Bewegung ist aber nichts diesen Körperchen etwa eigenthümlich Zukommendes, sondern fällt unter die allgemeine Molekularbewegung, die alle ganz kleinen Körper ergreift, wogegen die bedeutend lebhaftere in den lebenden Zellen aus der Zellthätigkeit selbst resultirt. Mit wachsendem Alter wächst durchschnittlich auch die Quantität dieser Körperchen. Bei der Zelltheilung tritt ein Theil derselben ebenfalls und zwar zuerst mit in die neu entstandene Zellhälfte über, so dass also jede junge Zelle etwa die Hälfte derselben von der Mutterzelle empfinge und dieselbe bis zur vollen Zahl in dem Zeitraume von ihrem Entstehen bis zur neuen Theilung in sich completiren müsste. Bei den sich bald theilenden Zellen sind sie in grösster Menge vorhanden. Ihr Verhalten in der Glühhitze und in concentrirten Mineralsäuren lässt dieselben augenblicklich als organische Gebilde erkennen, wenn auch schon ihre Gestalt nicht so entschieden hierfür spräche. Sie verbrennen vollständig auf einem Deckgläschen und werden durch Schwefelsäure zerstört. Ihre Grösse variirt zwischen $^1/_{700}$ M. bis zu $^1/_{7000}$ M. In ersterer erscheinen sie bei 1000facher Vergrösserung als genau zu erkennende Bläschen mit Membran und Inhalt, in letzterer als runde Punkte, die die Grenzen der Sichtbarkeit erreichen. Ihre Gestalt ist, wie gesagt, gewöhnlich kugelrund, dann oft oval. Ihr Inhalt lässt im Alter aus der Lichtbrechung schliessen, dass er fettiger Natur sei; sie enthalten also dann vielleicht ein fettes Oel. Eine Untersuchung auf Zellmembran, Zellkern und Inhalt zeigte sich erfolglos bei Anwendung der bekannten Reagentien. Und wirklich muss die starke Vergrösserung, wenn auch eine Reaction eintritt, dieselbe fast verschwinden machen, so dass sie nur bei Zusammentreffen einer grossen Menge des fraglichen Stoffes wahrnehmbar wäre.

Interessant und dann jedenfalls für die Zellnatur dieser

Körperchen entscheidend ist eine Beobachtung, die jedoch noch einer Vervollständigung bedarf. Wenn man verschiedene dieser Körperchen bei den besten Vergrösserungen, die uns bis heute zu Gebote stehen, beobachtet (ich bediente mich des Objectives No. 10. zum Eintauchen von Hartnack), so gewahrt man bei einzelnen, dass der Inhalt sich um zwei Stellen im Inneren der Zellmembran anhäuft, so dass gleichsam zwei Zellkerne aufträten! bei anderen sieht man eine Einschnürung der Zellmembran, wie bei der Zelltheilung gewöhnlich ist; bei noch anderen haften zwei noch eben verbundene Körperchen aneinander. Es zeigen sich hier also die verschiedenen Stadien der Zelltheilung aufs Genaueste, und wenn es erlaubt wäre hieraus einen Schluss zu ziehen, so dürfte man die Körperchen für selbstständige Zellen halten. Es mangelt hierbei jedoch die Beobachtung der Entwickelung an derselben Zelle, die indess auch mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist. Diese Beobachtung muss der Natur der Sache nach im Cosmarium selbst vorgenommen werden, und hier findet man selten ein einzelnes Körperchen isolirt, welches gerade die eine Theilung andeutende Disponirung des Inhaltes zeigt; wenn man aber sich ein solches aus einer Umgebung von anderen Körperchen hervorsucht, dasselbe eine Zeit lang stehen lässt, um die Entwickelung zu beobachten, so hat es seinen Ort immer mehr oder weniger geändert, und man muss deshalb immer zweifelhaft sein, ob nicht ein anderes an seine Stelle getreten ist. Wenn deshalb obige Beobachtungen es allerdings wahrscheinlich erscheinen lassen, dass die beschriebenen Körperchen in den Cosmarienzellen selbst wiederum zelliger Natur sind, so könnte dieses doch nur durch directe Beobachtung selbst ganz sicher gestellt werden. Soviel steht einstweilen fest, dass dieselben sich wesentlich von den Körperchen in den Closterien unterscheiden, da sie jedenfalls organischer Natur sind, und wahrscheinlich auch ist, dass sie wirkliche kleine Zellen sind, die sich durch Zelltheilung fortpflanzen.

Werden, 19. Januar 1863.

Nachträgliche Bemerkung über die Mikropyle von *Osmerus eperlanus*.

Von

Dr. Reinhold Buchholz.

Hierzu Taf. VIII. A.

Vor kurzem machte ich in diesem Archiv die Mittheilung über eine sehr sonderbare Bildung, welche sich an den Eiern von *Osmerus* zur Zeit der völligen Ausbildung derselben vorfindet und welche ich im verflossenen Frühjahre an denselben wahrgenommen hatte. Ich konnte jedoch damals kaum eine Vermuthung über die Entstehungsweise derselben aussprechen, da bei *Osmerus*, wie bei den meisten übrigen Fischen, zur Laichzeit die Eier sämmtlich in gleicher Weise entwickelt sind.

Es ist mir in diesem Frühjahre möglich gewesen, jene Lücke auszufüllen, und es hat sich nunmehr herausgestellt, dass jenes eigenthümliche dütenförmige Anhängsel keineswegs als eine äussere Excrescenz von der ursprünglichen Eihülle aus gebildet wird, sondern vielmehr selbst ursprünglich eine vollständige und selbstständige Umhüllung des Eies bildet, welche erst in späterer Zeit von der Eioberfläche sich ablöst und in jener auffälligen Weise an die innere, persistirende Eihülle befestigt wird.

Die ersten Individuen von *Osmerus*, welche ich in diesem Jahre untersuchen konnte, erhielt ich in der Mitte des Fe-

1) S. dieses Archiv 1863 S. 71.

bruar, also zwei Monate vor der Laichzeit desselben. Untersucht man zu dieser Zeit die Ovarien, so findet man die zur diesjährigen Reifung bestimmten Eier alle gleichmässig und zwar bereits recht weit entwickelt. Sie haben bereits einen Durchmesser von ca. 0,7 Mm., welcher nahebei demjenigen der völlig ausgebildeten Eier gleich kommt. Obwohl man nun bereits eine ziemlich dicke äussere Umhüllung an ihnen wahrnimmt, so erscheinen sie doch nicht kugelrund, sondern sind ziemlich stark polygonal gegen einander abgeplattet, eine Form, welche sie auch nach der Herausnahme aus dem Ovarium beibehalten.

Was nun die Eihüllen anlangt, so erkennt man sofort, dass eine poröse Kapsel bereits überall vorhanden ist und schon eine ansehnliche Dicke aufweist. Indessen war dem ersten Anscheine nach noch nirgends eine Spur von jener Bildung, deren Entstehung zu ermitteln war, vorhanden. Wegen der beträchtlichen Undurchsichtigkeit der Eier ist es nun nicht gut möglich das weitere Verhalten der porösen Hülle genauer zu ermitteln oder ihre Dicke zu messen, doch machte mich jetzt bereits ein Umstand darauf aufmerksam, dass hier vielleicht nicht eine einfache, sondern eine doppelte Hülle vorliegen könnte. Es liess sich nämlich, bald mehr, bald minder deutlich, zwischen der äusseren Umgrenzung derselben und der Dottergrenze, eine oft recht scharf hervortretende, concentrische Linie wahrnehmen, welche den Anschein gewährte, als wenn die poröse Hülle aus zwei ganz dicht an einander liegenden, nach Art von Kugelschalen in einander steckenden Membranen bestände. Doch konnte eine solche scheinbare Trennungslinie auch möglicher Weise von einer Faltenbildung herrühren, da bei der noch bestehenden Weichheit und Nachgiebigkeit der porösen Hülle und wegen der starken Abplattung der Eier derartige Faltenbildungen häufig an denselben auftreten. Setzt man nun zu den frischen Eiern, um sie durchsichtiger zu machen, Essigsäure hinzu, so tritt ein ziemlich auffälliger Umstand hervor. Es hebt sich nämlich von der kuglig bleibenden Eioberfläche, welche nunmehr von einer stark aufgequollenen, hyalinen Hülle begrenzt wird, ein zwei-

ter, ziemlich breiter, sehr unregelmässig gefalteter hyaliner Saum ab, welcher mir in den ersten Augenblicken der Essigsäureeinwirkung eine deutliche radiäre Streifung zu besitzen schien, gleichwie die zuerst genannte Hülle. Doch verschwindet diese Streifung bei beiden Hüllen so schnell in Folge der Aufquellung, dass ich hierüber nicht ganz vollkommen sicher werden konnte, und es hätte jener breite, von der Eioberfläche sich abhebende, hyaline Saum daher möglicherweise als der bindegewebigen Umhüllung des Follikels angehörig angesehen werden können.

Zu einer völlig genügenden und klaren Einsicht in diese Verhältnisse gelangt man daher erst dann, wenn man die Eier zuvor mässig erhärtet. Es haben alsdann die Eihüllen einen gewissen Grad von Widerstandsfähigkeit erlangt, welcher es ermöglicht, dieselben von einander durch verschiedene Mittel zu trennen und auf die bequemste Art gesondert zur Anschauung zu bringen. Behandelt man z. B. Eier, welche einen Tag lang in sehr verdünnter Chromsäure gelegen haben, mit Essigsäure, so hebt sich jetzt [1]), statt jenes gleichförmig hyalinen Saumes die äussere Eihülle in Form eines weit abstehenden, sehr vielfach gefalteten äusseren Sackes, der überall geschlossen erscheint, von der Eioberfläche ab, während die innere Hülle dem Dotter dicht anliegend bleibt und ihre regelmässige Kugelform beibehält. Dabei ist nun jetzt die Einwirkung der Essigsäure auf die Eihüllen nicht der Art, dass dadurch ihre Structur undeutlich würde, sie quellen vielmehr verhältnissmässig nur wenig auf und die Porencanäle bleiben fast mit unveränderter Deutlichkeit erkennbar. Wie man nunmehr mit Bequemlichkeit wahrnimmt, zeigt die äussere Membran, welche jetzt an allen Puncten des Eiumfanges von der inneren sich abgelöst hat, völlig die gleiche Beschaffenheit als diese; beide Hüllen zeigen sich in gleicher Weise von Porencanälen durchzogen, und es zeigen diese Porencanäle ganz diejenige Beschaffenheit, wie dieselbe bereits in der früheren Mittheilung beschrieben wurde.

---

1) S. die beigefügte Figur.

Nur seltener ist zu bemerken, dass die äussere Hülle nicht in der beschriebenen Weise durch einen weiten Zwischenraum von der inneren Hülle getrennt erscheint, sondern auch nach Essigsäurezusatz derselben dicht anliegen bleibt; es tritt jedoch auch in diesen Fällen jetzt die Trennungslinie zwischen beiden sehr scharf hervor, und es ist mir niemals ein Ei zu Gesicht gekommen, welches nur eine einfache Hülle gezeigt hätte.

Es würde weiterhin die Frage zu erledigen sein, welche von den beiden gleich gebildeten, porösen Umhüllungsmembranen zuerst sich bildet, denn dass beide etwa gleichzeitig entstehen, dürfte schwer anzunehmen sein. Obwohl es nun schwierig ist, hierüber mit Bestimmtheit zu urtheilen, so dürfte es doch aus verschiedenen Gründen wahrscheinlich sein, dass die äussere, später abzustreifende die ältere ist, während die persistirende innere erst später gebildet wird. Denn man findet die letztere in den frühesten Zeiten häufig sichtlich dünner als die äussere Hülle, während späterhin beide auch in Hinsicht ihrer Dicke völlig übereinstimmend sich verhalten. Es ist freilich nicht gut möglich, dieses Verhalten durch genauere Messungsangaben zu erläutern, da man beide Hüllen immer erst durch Mittel von einander trennen kann, welche ihren Dickendurchmesser verändern, und es ist auch nicht gut thunlich, an zerschnittenen Eiern hierzu zu gelangen, da man an den vielfach unregelmässig gefalteten Membranen niemals mit Sicherheit entscheiden kann, was etwa der inneren oder der äusseren Hülle angehört.

Es ist ferner zu erwähnen, dass um diese Zeit noch nirgends ein Anhaften beider Hüllen an irgend einem Puncte wahrzunehmen ist, und es muss die Anheftung der späterhin zerreissenden äusseren Hülle an die innere wohl erst ziemlich spät erfolgen. Jedenfalls erfolgt diese Verschmelzung beider Hüllen gerade an derjenigen Stelle, an welcher in der inneren der Mikropylencanal sich befindet, und es wird somit die äussere Hülle, nachdem sie durch ihre Zerreissung den Werth einer schützenden Hülle für den Einhalt verloren hat, nicht einfach abgestreift, sondern vielmehr zur Bildung einer eigenthümlichen Mikropylenvorrichtung verwendet. Obwohl ich noch

bis zur Mitte des April wiederholt die Beobachtungen fortsetzte, so liess sich doch über die Art und Weise dieser Aneinanderheftung und die Ausbildung der Mikropyle nichts ermitteln, und später wurde ich durch eine längere Abwesenheit verhindert, den unmittelbar in der Laichzeit erfolgenden Vorgang der Zerreissung der äusseren Hülle zu verfolgen. Was sich noch von weiteren Veränderungen wahrnehmen liess, beschränkte sich auf die allmälige Verdickung der inneren Hülle, sowie es auch später hervortrat, dass die äussere Hülle nicht überall einen gleichmässigen Durchmesser besass, sondern an einem nicht unbeträchtlichen Theile des Eiumfanges beträchtlich verdünnt erschien. Es ist wohl anzunehmen, dass dieser verdünnte Theil derselben, welche etwa ein Drittel der Eioberfläche einnimmt, später ganz schwindet, denn der an den entleerten Eiern noch persistirende Ueberrest reicht nicht mehr aus, um einen vollkommenen Ueberzug über die Eioberfläche zu bilden.

Die so eben mitgetheilte Entstehungsweise jenes Apparates macht nun in der That die auffällige Gestaltung und Grösse, sowie das Vorhandensein von Porencanälen an demselben verständlich. Immerhin bleibt jedoch die Bildung zweier völlig getrennt bleibender, gleich gebildeter poröser Eihüllen, wie sie hier beobachtet wird, eine sehr auffällige Anomalie, denn etwas Aehnliches kommt wohl nirgends bei einem Wirbelthiere vor. Ueberhaupt erscheint die Bildung einer zwiefachen secundären Zellmembran an einer thierischen Zelle als ein etwas auffälliger Vorgang, der wohl nur in der Art denkbar ist, dass, nachdem die Verdickung der ursprünglichen Zellmembran vor sich gegangen ist, zunächst vom Zellinhalt aus die Bildung einer zweiten Zellmembrun erfolgt, die dann weiter secundär sich verdickt und so zu der inneren porösen Hülle wird. Diese Fähigkeit des Zellinhaltes, selbstständig eine neue Membran zu erzeugen, welche in keinem genetischen Zusammenhange steht mit einer schon vorhanden gewesenen, dürfte vielleicht nicht abzuweisen sein, wenn man an die mehrfachen Hüllen der Eier vieler wirbellosen Thiere denkt, und sie verdient, glaube ich,

wohl berücksichtigt zu werden bei der Beurtheilung des Werthes der einzelnen Bestandtheile der Zelle.

Ueberdies sind jene mehrfachen structurlosen Eihüllen, die sich bei zahlreichen Crustaceen und Entozoen finden, das Einzige, was sich für die bei *Osmerus* stattfindenden Verhältnisse zur Vergleichung heranziehen lässt. Findet sich indessen hier eine Mikropylenvorrichtung, wie z. B. bei *Gammarus pulex*, so kommt sie ausschliesslich der inneren Eihülle zu, wie von Meissner[1]) und la Valette[2]) nachgewiesen worden ist, während die äusseren Hüllen während der weiteren Entwickelung völlig abgestreift werden.

Die beigefügte Zeichnung stellt ein dem Ovarium genommenes Ei von *Osmerus* dar, welches nach der Erhärtung in Chromsäure mit Essigsäure behandelt ist. Vergr. $^{52}/_{1}$.

a. Die äussere poröse Hülle, welche in Form eines weitabstehenden, gefalteten Sackes sich abgehoben hat.

b. Innere poröse Hülle, welche den Dotter umgiebt.

---

1) Siebold u. Kölliker Zeitschr. f. wiss. Zool. VI. S. 272.

2) De la Valette St. George, Studien über die Entwickelung der Amphipoden. Abhandl. d. naturf. Ges. zu Halle 1860.

Ueber die Arten der Acromialknochen und accidentellen Acromialgelenke.

Von

Prof. Dr. Wenzel Gruber in St. Petersburg.

Hierzu Taf. X. A.

In der knorpligen Acromialepiphyse treten zwei Knochenkerne auf, einer in der Basis, der andere in der Spitze. Der Knochenkern der Basis erscheint nach J. Cruveilhier[1]) vor dem 15. Jahre, nach Quain-Sharpey[2]) um das 15. bis 16. Jahr; der Knochenkern der Spitze nach ersterem im 15. bis 16. Jahre, nach letzterem um das 17.—18. Jahr. Ueber die Zeit der Verschmelzung beider Knochenkerne existiren meines Wissens keine Angaben. Um das 22. Jahr ist nach Quain-Sharpey die knorplige Acromialepiphyse knöchern geworden, aber die aus beiden Knochenkernen entwickelte knöcherne Acromialepiphyse ist noch von der Spina scapulae getrennt, mit der sie erst zwischen dem 22, bis 25. Jahre verschmilzt.

Die verknöcherte Acromialepiphyse kann durch Bildungshemmung über die angegebene Zeit der völligen Verschmelzung hinaus oder selbst das ganze Leben hindurch als abgesondertes und mit der Spina scapulae durch Synchondrose vereinigtes Knochenstück fortbestehen. E. Sandifort[3]), S. Th.

1) Traité d'anat. descr. 3e édit. Tom. I. Paris 1851 S. 245.

2) J. Quain, Elem. of anat. 6. edit. by Will. Sharpey a. J. V. Ellis. Vol. I. London 1856 S. 113—114. Fig. 48. B. C. D. No. 3. 5.

3) Mus. anat. Vol. I. Lugd. Batav. 1793 S. 222 No. 541.

Sömmerring[1]), A. Velpeau[2]) und ich haben dies an normalen Schultern beobachtet; Adams mit Mayne, Godin und Rob. Smith aber an Schultern mit chronischer Entzündung der Schultergelenke gesehen, wie unten angegeben werden wird. Selbst Acromialepiphysenstücke können durch eine Synchondrose länger oder bleibend getrennt bleiben, wie J. Cruveilhier[3]) meldet.

Diese Synchondrosen können bisweilen eine Art Beweglichkeit zeigen, wie dies J. Hyrtl[4]) und mir vorgekommen ist.

Noch weiter können diese Synchondrosen durch Erweichung und Verflüssigung vom Centrum aus gegen die Peripherie sogar in Diarthrosen sich umwandeln, wodurch anomale accidentelle Gelenke im Fornix coraco-acromialis auftreten, und dadurch hier selbstständig gewordene Acromialknochen vorkommen, welche Gegenstand vorliegender Abhandlung sind.

Frühere Beobachtungen.

Seit 1826 schon geht die Sage von anomalen Gelenken. A. W. Otto und R. Wagner erwähnten solcher zwischen der Acromialepiphyse und der Spina scapulae, hatten dieselben aber nicht beschrieben. Der Fall von isolirter, verknöcherter Acromialepiphyse, welche Otto[5]) zuerst durch ein Gelenk mit der Scapula vereiniget sein liess, später unter den Fällen mit Vereinigung durch Synchondrose anführt, bleibt dieses Widerspruches halber zweifelhaft. Auch die Fälle von angeblicher Verbindung des Acromion mit der Scapula durch

---

1) De corp. hum. fabrica. Tom. I. Traj. ad Moen. 1794 S. 317.

2) Traité compl. d'anat. chir. 3e édit. Bruxelles 1834 S. 314.

3) L. c. Note.

4) Handb. d. topogr. Anat. 3. Aufl. Bd. II. Wien 1857 S. 248 Note.

5) Verzeichniss d. anat. Präp.-Sammlung d. Anat.-Instit. in Breslau 1826 No. 2150.; Lehrb. d. path. Anat. Bd. I. Berl. 1830 S. 119—220 Note 4.

ein wahres Kapselband, welches Wagner[1]) im an Leichen so armen Erlangen sogar „zuweilen“ beobachtet zu haben vorgiebt, sind wegen der von mir nach geflissentlich vorgenommenen Untersuchungen ausgemittelten Seltenheit ihres Vorkommens (2—3mal unter mehreren Hunderten Leichen) ganz verdächtig und waren höchst wahrscheinlich nur bewegliche Synchondrosen.

Laurence[2]) hat, nach Cruveilhier's Mittheilung, in der anatomischen Gesellschaft in Paris die beiden Schultern einer alten Frau demonstrirt, an welchen die knöcherne Acromialspitze nicht nur mit der Clavicula, sondern auch mit dem Acromion selbst articulirte. Cruveilhier[3]) selbst hatte Gelegenheit, dasselbe bei zwei Individuen an beiden Schultern zu beobachten. Derselbe betrachtet diese Anordnung nicht wie ein falsches Gelenk in Folge einer Fractur, sondern wie ein solches in Folge des Mangels der Verschmelzung der Spitze des Acromion mit seinem Körper.

Cruveilhier hat weder das Gelenk noch das dadurch abgesonderte Acromionstück beschrieben. Dadurch ist ein Vergleich mit den von Anderen beobachteten Fällen unmöglich, also auch mit Sicherheit nicht anzunehmen, dass in seinen und Laurence's Fällen das abgesonderte Acromionstück wirklich die Acromialepiphysenspitze war und das Gelenk wirklich in der Acromialepiphyse selbst lag.

Im Jahre 1859 machten H. Ruge und ich, von einander unabhängig, Mittheilungen über Fälle mit Vorkommen eines wirklich anomalen Gelenkes im Acromion und eines dadurch bedingten, selbstständig auftretenden Acromialknochens, in welchen über beide genaue Untersuchungen geliefert worden waren. Erst seit dieser Zeit war die Existenz wenigstens eines accidentellen Acromialgelenkes ausser allem Zweifel gestellt.

1) S. Th. Sömmerring, Lehre v. d. Knochen u. Bändern. Leipz. 1839 S. 157 Note.

2) Bei Cruveilhier l. c. (Im Bull. de la Soc. anat. de Paris, vergeblich nach der Angabe über diese Demonstration gesucht. Ref.)

3) L. c.

Ruge[1]) sieht durch Synchondrose vereinigte Acromialepiphysen nicht richtig auch als selbstständige Acromialknochen an. Derselbe hat in der That sogar unbewegliche Synchondrosen, von welchen er nicht einmal angegeben hat, ob sie über die gewöhnliche Verschmelzungsperiode der Acromialepiphyse mit der Spina scapulae hinaus bestanden hatten oder nicht, mit Fällen wirklich anomaler Gelenke zusammengestellt. Ob daher die Verbindung, welche er selbst an der Leiche einer an Carcinoma uteri verstorbenen Frau beobachtet haben will, durch eine Synchondrose oder ein Gelenk vor sich gegangen war, weiss man nicht, und zwar um so weniger, als bei allen den Fällen, welche er beschrieben hat, das Geschlecht und Alter der Individuen nicht angegeben, also auch vergessen ist, welcher der Fälle sein eigener sei. Ob daher ferner der 33jährige Kranke, der sich in der chirurgischen Klinik des Prof. Baum in Göttingen mit einem Geschwür an der linken Schulter vorstellte, das mit der weichen, die Spina scapulae mit der Acromialepiphyse verbindenden Substanz zu communiciren schien, mit einer durch Synchondrose verbundenen Acromialepiphyse oder mit einem an dem Schulterblatte articulirenden Acromialknochen behaftet war, ist nicht ausgemacht. Die sehr starke Prominenz des Acromion dürfte kaum für das Dagewesensein eines articulirenden Knochen beweisen, die geringe Beweglichkeit der vorderen Ecke des Acromion aber, welche bei zweckmässigen Bewegungen der Schulter herauszufühlen war, kann auch bei Synchondrose erzielt werden. Ruge hat aber drei Fälle beschrieben und abgebildet, in welchen die Acromialepiphyse oder doch die Acromialepiphysenspitze durch wirklich gelenkige Verbindung, die er zu den Amphiarthrosen zählt, ein selbstständiger Acromialknochen geworden ist. Ob diese Fälle alle der anatomischen Sammlung in Göttingen angehören, oder einer dem Beschreiber eigen ist, ist nicht angegeben. Der Acromialknochen war viereckig, ab-

1) Ueber die Gelenkverbindung zwischen Schulterkamm und Acromion. — Zeitschrift f. ration. Medicin v. Henle u. Pfeufer. Reihe 3. Bd. VII. S. 258—262. Taf. VI. Fig. 2. 3. 4.

gerundet, dreieckig oder halboval! Das Gelenk zwischen ihm und der Spina scapulae war in einem Falle durch eine Spalte im verbindenden Faserknorpel und Vorkommen von Synovialzotten als unentwickelt, in den beiden anderen Fällen durch wahre, mit Faserknorpel überzogene Gelenkflächen, durch eine straffe Kapsel und das Vorkommen grösserer Synovialzotten als entwickelt charakterisirt. In einem Falle kamen zwei isolirte Knochenstücke vor, wovon R. das vordere, grössere und halbovale O. acromiale accessorium I., das hintere, mehr ovale O. a. a. II. nennt. Das vordere Knochenstück articulirte am medialen Ende mit der Clavicula und nur mit dem medialen Theile seines hinteren Randes mit dem medialen Rande des Endes der Spina scapulae. Das hintere Knochenstück aber, welches zwischen den lateralen Theil des hinteren Randes des vorderen und zwischen den lateralen Rand des Endes der Spina scapulae eingeschoben und dadurch von einer Verbindung mit der Clavicula ausgeschlossen war, war mit beiden durch eine breite bindegewebige Substanz vereiniget. Es war daher das vordere Knochenstück nur theilweise ein selbstständiger Acromialknochen geworden, nicht aber das hintere, welches auf den Namen eines selbstständigen Acromialknochens keinen Anspruch hat. R. nimmt mit Recht als Ursache der Abnormität eine Bildungshemmung an, welche in nicht erfolgter Verschmelzung der Ossificationspuncte des Acromion mit der von dem primären Ossificationspuncte des Körpers durch die Spina gebildeten Basis acromii besteht.

Aus einem Vergleiche mit den von mir beobachteten Fällen geht hervor: dass der wirkliche Acromialknochen der Fälle Fig. 2. u. 3. der ganzen verknöcherten Acromialepiphyse entspricht, dass von den Knochenstücken des Falles Fig. 4. das vordere dem aus dem Knochenkerne der Acromialepiphysenspitze, das hintere dem aus dem Knochenkerne der Acromialepiphysenbasis entwickelten Stücke zukommt.

Bei meinen bereits grösstentheils veröffentlichten Untersuchungen, die ich im Grossen und Jahre lang über die Schulterschleimbeutel und über die Existenz eines Meniscus in der Articulatio acromio-clavicularis anstellte, stiess ich erst

unter mehreren Hunderten von Leichen auf drei Schultern, welche ein accidentelles Acromialgelenk und einen Acromialknochen aufwiesen. Ich beobachtete zwei Fälle davon bereits im December 1853 bei einem 38jährigen Bauer, später noch einen Fall an einer Schulter eines anderen Mannes. Ich beschrieb dieselben aber erst 1859[1]). In diesen drei Fällen war der Acromialknochen mit der Clavicula und der Spina scapulae durch wahre Gelenke vereiniget. Derselbe war dreieckig, hatte ausser einer oberen und unteren Fläche, einen medialen, lateralen und vorderen Rand. Der vordere (besser laterale) Rand war frei, der mediale und laterale (besser hintere) aber waren mit einer Gelenkfläche versehen. Der Acromialknochen an der rechten Schulter, den ich abgebildet habe, war wie keilförmig zwischen die Clavicula und das vordere Ende der Spina scapulae eingetrieben. Der Acromialknochen der linken Schulter desselben Individuums und der an der Schulter eines anderen Mannes waren, verhältnissmässig zur Breite in sagittaler Richtung, länger als der der ersten Schulter. Ihre breite abgerundete Spitze ragte mehr über die Clavicula hervor. Sie hatten eine ähnliche Gestalt wie der Fall Fig. 3. von Ruge, waren aber länger. Die Spitze oder der vordere Winkel diente in allen Fällen dem Lig. coraco-acromiale zur Insertion. Die Gelenkfläche am medialen Rande, womit er sich an der Clavicula bewegte, war mit Faserknorpel überzogen, die Gelenkfläche jedoch am hinteren Rande, womit er mit der Spina scapulae articulirte, war wie die an der Spina scapulae selbst, mit einem hyalinischen Knorpel bekleidet. Die den Knochen mit der Clavicula verbindende Capsula acromioclavicularis war wie gewöhnlich beschaffen, die denselben mit der Spina scapulae vereinigende, accidentelle und von mir Capsula acromio-spinalis genannte, war eine noch straffere. Verglich ich die Grösse und die Gestalt des Acromialknochens

1) W. Gruber, Ueber den Acromialknochen und das accidentelle Acromialgelenk. Mit 1 Holzschn. — Bull. de l'Acad. Imp. des Sc. de St.-Petersbourg. Tom. I. No. 6. p. 326—338. Mêlang. biol. Tom. III. p. 315—332. (Lu le 28. Octobre 1859.) — Schreiben an Akademiker Brandt v. 27. Sept. 1859. Bull. p. 324—325., Mélang. biol. p. 312—314.

dieser Fälle mit denselben der verknöcherten, aber noch durch eine schmale, nahtförmig verlaufende Synchondrose von der Spina scapulae geschiedene Acromialepiphyse junger Individuen, so fand ich Gleichheiten, oder Aehnlichkeiten, oder doch nicht wesentliche Verschiedenheiten. Ich schloss deshalb: dass der Acromialknochen meiner Fälle höchst wahrscheinlich der ganzen verknöcherten Acromialepiphyse gewöhnlicher Fälle gleichbedeutend sei, also sich aus beiden Knochenkernen entwickelt habe; und dass das accidentelle Gelenk sich höchst wahrscheinlich in der Synchondrose zwischen der Acromialepiphyse und dem Ende der Spina scapulae gebildet habe.

Neue Beobachtungen.

Obgleich bis jetzt zwölf sichere Beobachtungen über Acromialepiphysen vorlagen, die durch accidentelle Gelenke selbstständige Acromialknochen geworden waren, so waren dennoch durch dieses Dutzend Beobachtungen die Fragen nicht genügend beantwortet: ob nur ein oder selbst zwei Acromialknochen, ein oder zwei anomale Gelenke an einer und derselben Schulter vorkommen können; ob der einfach vorkommende Acromialknochen aus beiden Knochenkernen oder aus nur einem und welchem der knorpligen Acromialepiphyse sich entwickele; und in welcher bestimmten Synchondrose das einfach vorkommende anomale Gelenk auftrete.

Die Lösung dieser Fragen musste von neuen Beobachtungen abgewartet werden. Bei der Seltenheit des Vorkommens des Acromialknochens konnte geflissentlich nach neuen Fällen nicht gesucht werden. Es wäre dies ja nur mit grossem Zeitaufwand möglich gewesen, mit der Aussicht obendrein, vielleicht wieder nur Bekanntem zu begegnen. Ich beschränkte mich daher darauf, die Sache nur gelegentlich zu berücksichtigen. Der Zufall war mir günstig, ich fand unverhofft bald das, was obige Fragen lösen konnte. Am 16. November 1862 liess ich unter mehreren Leichen auch die eines 66jährigen Weibes behufs der Präparation der Musculatur zertheilen. Bei der ersten Anleitung, die ich im Präpariren der oberen rechten

Extremität dieses Weibes gab, fiel mir ausser einer ungemeinen Verfettung der Schultermuskeln nichts Ungewöhnliches auf. Mein Prosector, Dr. Heppner, welcher an der oberen linken Extremität desselben Weibes im Präpariren zu unterrichten hatte, stiess gleich im Beginnen auf einen anomalen Schultermuskel, wovon er mir sogleich Anzeige machte. Auch an dieser Extremität fiel vor der Hand ausser einer ähnlichen Verfettung der Schultermuskeln, wie an der rechten, nichts Ungewöhnliches auf. Das Vorkommen des anomalen Muskels wurde Veranlassung, diese linke Extremität zur eigenen Untersuchung zu bestimmen und, nachdem ich an ihr andere und merkwürdigere Funde gemacht hatte, auch die rechte zur besonderen Untersuchung herbeiholen zu lassen, die in der That theils ähnliche, theils noch interessantere Funde zur Folge hatte.

Die Funde bestanden:

1. Im Vorkommen zweier Acromialknochen an der rechten Schulter, welche unter einander und mit der Spina scapulae durch wahre Gelenke vereiniget waren, und eines Acromialknochens an der linken Schulter, der sich durch eine Art unvollkommenen Gelenkes mit dem übrigen Acromion verband.
2. In völliger Abnormität beider Schultergelenke als Folge chronischer Entzündung.
3. Im Mangel des interarticulären Theiles der Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii und im Ursprunge derselben von dem Tuberculum majus an beiden Extremitäten als Folge der Entzündung der Schultergelenke.
4. Im Vorkommen eines anomalen Muskels an der linken Schulter.

Die Präparate mit diesen Abnormitäten verdienen beschrieben zu werden:

1. Weil erst durch sie das Vorkommen zweier articulirenden Acromialknochen an einer und derselben Schulter bewiesen ist.
2. Weil durch dieselben die Annahme einer, in nicht erfolgter Verschmelzung der Knochenkerne der Acromialepiphyse, mit einander und mit der Spina scapulae beste-

henden Bildungshemmung, bei später hinzutretender Gelenkbildung in den die nicht verschmolzenen Knochenkerne verbindenden Synchondrosen, als Ursache des Auftretens selbstständiger Acromialknochen noch mehr Stützen erhält.

3. Weil sie die Annahme von drei Arten Acromialknochen und zwei Arten accidenteller Acromialgelenke zur Folge haben.
4. Weil sie zu den seltenen Beispielen von chronischer Entzündung des Schultergelenkes, bei welcher der Gelenkkopf des Armbeines, besonders in Folge Zerstörung, Risses oder Dislocation des interarticulären Theiles der Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii, am Fornix coraco-clavi-acromialis oder F. coraco-acromialis eine Art neuer Fossa glenoidalis sich bildet, zwei neue liefern.

Gestützt auf frühere fremde und eigene Beobachtungen und auf die sogleich zu beschreibenden neuen Funde theile ich die Acromialknochen und die accidentellen Acromialgelenke auf nachstehende Weise ein:

Acromialknochen.

1. Knochen der Acromialepiphysenspitze — Os acromiale terminale. — Entspricht dem aus dem Knochenkerne der Spitze der Acromialepiphyse entwickelten Knochenstücke. Articulirt mit dem O. a. basale allein, oder möglicher Weise mit diesem und der Clavicula zugleich. Die Articulation mit beiden und der Spina scapulae zugleich kann vermuthet werden. Hierher gehört der Knochen meiner neuen Fälle; Ruge's O. a. accessorium I. des Falles Fig. 4.; Laurence's und Cruveilhier's Fälle?
2. Knochen der Acromialepiphysenbasis — Os acromiale basale. — Entspricht dem aus dem Knochenkerne der Basis der Acromialepiphyse entwickelten Knochenstücke. Articulirt mit dem O. a. terminale, mit der Clavicula und der Spina scapulae. Die Articulation mit dem O. a. terminale und der Spina scapulae, bei Ausschluss

der mit der Clavicula, kann vermuthet werden. Hierher gehört der Knochen der rechten Schulter meiner neuen Fälle; hierher würde das von Ruge O. a. accessorium II. genannte Knochenstück im Falle Fig. 4. gehört haben, wenn sich die dasselbe verbindenden Synchondrosen in Diarthrosen umgewandelt hätten.

3. Gemeinsamer Knochen der Acromialepiphyse — Os acromiale commune. — Entspricht dem aus beiden verschmolzenen Knochenkernen der Acromialepiphyse entwickelten Knochenstücke, also der ganzen verknöcherten Acromialepiphyse. Articulirt mit der Spina scapulae und der Clavicula. Hierher gehören meine früheren 3 Fälle; Ruge's Fälle Fig. 2. u. 3.; wahrscheinlich auch Laurence's und Cruveilhier's Fälle.

Accidentelle Acromialgelenke.
(Amphiarthrosen.)

1. Zwischen-Acromialepiphysengelenk — Articulatio inter-acromialis. — Entstanden in der Synchondrose zwischen O. a. terminale und basale, oder möglicher Weise in der zwischen beiden und der Sphinx scapulae.
2. Schulterkamm-Acromialepiphysengelenk — Articulatio acromio-spinalis. — Entstanden in der bald faserknorpligen, bald hyalinischen Synchondrose zwischen dem O. a. basale oder commune einerseits und der Spina scapulae andererseits.

Nachdem ich dieses Alles vorausgeschickt habe, schreite ich zur Beschreibung der merkwürdigen Schultern des 66 Jahre alten Weibes.

1. Acromialknochen und accidentelle Acromialgelenke.

a. Rechte Schulter.

Das sichelförmig gekrümmte Acromion ist ungewöhnlich gewölbt. Durch Usur am mittleren und hinteren Theile der un-

teren Fläche ist es daselbst dünner als gewöhnlich und am mehrmals ausgezackten lateralen Rande zugeschärft, sowohl in sagittaler als auch in transversaler Richtung ungewöhnlich concav. (Fig. 1. u. 2.)

Der hintere Theil des Acromion gehört dem Ende der Spina scapulae an (Fig. 2. β.). Derselbe ist in transversaler Richtung 2 Cent. 7 Mill., in sagittaler Richtung und zwar am lateralen Rande 2 Cent., am medialen Rande 2 Cent. 7 Mill. breit. An seiner unteren Fläche zeigt er eine nicht ganz regelmässig viereckige, rauhe, ebene, durch Usur entstandene Grube. Die Grube ist in transversaler Richtung 2 Cent. 7 Mill., in sagittaler Richtung und zwar am lateralen Rande 12 Mill., am medialen Rande 2 Cent. breit, und 4 Mill. tief. Dieselbe ist an den Rändern noch mit einem Saum von Bindegewebe bedeckt, übrigens aber von der Beinhaut völlig entblösst. Das Bindegewebe bildet am stark erhöhten, hinteren Rande der Grube eine Art Labrum glenoideum, welches 7 Mill. vor dem Seitenrande der hinteren Fläche der Spina scapulae liegt. Der vordere und mediale Rand weisen Gelenkflächen auf. Die Gelenkfläche am vorderen Rande articulirt am Os acromiale basale, die am medialen Rande an der Clavicula. An der Grube der unteren Fläche bewegt sich das obere Ende des Armbeines.

Der mittlere Theil des Acromion wird von einer isolirten, unregelmässig viereckigen, nach den Flächen gekrümmten, bedeutend dicken Knochenplatte gebildet. Die Knochenplatte ist das Os acromiale basale (Fig. 1. 2. D.). Diese zeigt eine obere convexe, mit Beinhaut überzogene, und eine untere, durch Usur grubenartig vertiefte, rauhe, ebene, bis auf einen schmalen Bindegewebesaum an den Rändern von der Beinhaut entblösste Fläche. Der laterale Rand ist an seinem mittleren Theile winklig ausgeschnitten, an seinem vorderen und hinteren Theile schräg vor- und rückwärts abgeschnitten und zugeschärft. Der vordere, hintere und mediale Rand weisen wahre Gelenkflächen auf. Die Gelenkfläche am vorderen Rande articulirt mit dem O. a. terminale, die am hinteren Rande mit der Spina scapulae und die am medialen Rande mit der Clavicula. Dasselbe nimmt vom

lateralen Rande gegen den medialen an Breite ab. Es ist in transversaler Richtung bis 2 Cent. 5 Mill.; in sagittaler Richtung und zwar lateralwärts 2 Cent. 7 Mill., medianwärts 12 Mill. breit und 7—8 Mill. dick. Dasselbe ist zwischen das Ende der Spina scapulae und des O. a. terminale wie keilförmig von aussen nach innen und von oben nach unten so eingetrieben, dass sein hinterer Rand den vorderen Rand des Endes der Spina scapulae deckt. Dasselbe hat an seiner oberen Fläche eine 1 Mill. dicke Rinde compacter Substanz, ist übrigens schwammig. Die Rinde compacter Substanz an der unteren Fläche ist durch Usur verloren gegangen.

Der vordere Theil des Acromion, die Acromionspitze, wird von einer isolirten, dreieckigen, nach den Flächen und Rändern gekrümmten, ebenfalls beträchtlich dicken Knochenplatte dargestellt. Die Knochenplatte ist das Os acromiale terminale (Fig. 1. 2. C.). Seine schwach convexe obere Fläche und seine schwach concave untere sind mit Beinhaut überzogen. Der laterale Rand ist convex, zweimal, namentlich vorn, ausgebuchtet; der mediale Rand ist concav, der hintere Rand oder die Basis ist convex. Letzterer besitzt eine wahre Gelenkfläche, womit er sich am O. a. basale bewegt. Seine Spitze dient dem Lig. coraco-acromiale zur Insertion, welches am lateralen Rande 1 Cent., am medialen Rande 3 Cent. lang ist. An den hinteren Theil des medialen Randes setzt sich der vordere Theil der Capsula acromio-clavicularis an. Das O. a. terminale ist 2 Cent. 3 Mill. lang; an der Spitze 7 Mill., übrigens 1 Cent. 6 Mill. breit; an der Spitze 4 Mill., in der Mitte 6 Mill., an der Basis 7 Mill. dick.

Im Fornix coraco-clavi-acromialis kommen ausser dem Acromio-Claviculargelenke noch zwei andere, wahre, aber accidentelle Gelenke vor: d. i. die Articulatio inter-acromialis und acromio-spinalis.

Die Articulatio acromio-clavicularis setzen der mediale Rand des O. a. basale, derselbe des Endes der Spina scapulae und das Acromialende der Clavicula zusammen. Die Berührungsstellen sind mit Faserknorpel überzogen und durch eine starke Faserkapsel vereiniget, deren untere Wand durch

Aufsaugung in Folge der Reibung des Gelenkkopfes des Armbeines an derselben verloren gegangen ist. Dadurch communicirt dieses Gelenk mit dem abnormen Schultergelenk (Fig. 1. 2. d.).

Die Articulatio inter-acromialis setzen die Basis des O. a. terminale, der vordere Rand des O. a. basale und eine Faserkapsel zusammen (Fig. 1. 2. b.). Dieselbe ist $1^1/_2$ Cent. lang und 6 Mill. tief. Die convexe Basis des O. a. terminale und der vordere, concave Rand des O. a. basale sind mit einem in verticaler Richtung gefurchten, 1 Mill. dicken Faserknorpel überkleidet. Seine die Gelenkhöhle zunächst begrenzende Schicht ist eine aus Bindegewebe gebildete Faserschicht. In den darauf folgenden Schichten sind zwischen die Faserzüge allmälig mehr und mehr Knorpelzellen eingestreut. Die dem Knochen zunächst gelagerte Schicht hat die Charaktere des hyalinischen Knorpels. Von der Gelenkkapsel existirt nur die obere, 1 Mill. dicke Wand. Dieselbe besteht aus quer verlaufenden, parallel neben einander liegenden Bindegewebebündeln, die sich neben dem Gelenke an der oberen Fläche der Acromialknochen inseriren. Von dieser Wand hängen schmale, platte Synovialfortsätze in das Gelenk. Wegen Mangel der unteren Wand, in Folge der Reibung durch den Gelenkkopf des Armbeines, communicirt dieses Gelenk, welches sich auch in das Acromio-Clavicular gelenk öffnet, durch eine lange Spalte mit dem abnormen Schultergelenke. Die A. inter-acromialis ist eine ziemlich freie Amphiarthrose.

Die Articulatio acromio-spinalis besteht zwischen dem hinteren Rande des O. a. basale und dem vorderen Rande des Endes der Spina scapulae, welche durch eine Gelenkkapsel zusammengehalten werden (Fig. 1. 2. c.). Dieselbe ist 2 Cent. 2 Mill. lang und 6 Mill. tief. Die Berührungsstellen der Knochen sind mit einem Faserknorpel überzogen, der von oben nach unten fein gefurcht erscheint. Der Knorpel ist $1^1/_2 - 2$ Mill. dick. Unter dem Mikroskope zeigt er dieselben Eigenschaften wie der Knorpel an den Gelenkflächen der A. inter-acromialis. Von der Gelenkkapsel existirt nur die obere Wand, die $1 - 1^1/_2$ Mill. dick ist. Sie besteht ebenfalls aus quer und parallel verlaufenden Bindegewebsbündeln, welche sich neben

dem Gelenke an die obere Fläche des O. a. basale und des Endes der Spina scapulae anheften. Von dieser Wand hängen platte Synovialfortsätze in das Gelenk und selbst darüber hinaus in das abnorme Schultergelenk hinab. Sie sind zahlreicher und länger als die der A. inter-acromialis. Manche sind gelappt und mit sehr schönen Zotten versehen. Wegen Mangel der unteren Wand der Gelenkkapsel in Folge der Reibung des Gelenkkopfes des Armbeines communicirt auch dieses Gelenk, das auch mit dem Acromio-Clavicular gelenke zusammenhängt, durch eine lange Spalte mit dem abnormen Schultergelenke. Die A. acromio-spinalis ist eine noch freiere Amphiarthrose als die A. inter-acromialis.

b. Linke Schulter.

Das sichelförmige Acromion ist nur wenig gewölbt, kaum oder doch nur wenig dünner als gewöhnlich. Sein lateraler Rand ist auch mehrmals, aber nicht so tief wie am rechten ausgezackt, nicht wie rechts zugeschärft. An dem hinteren und mittleren Theile seiner unteren Fläche bemerkt man zwei schwach vertiefte Felder, welche durch einen stumpfen Kamm von einander geschieden sind. Sie haben eine ähnliche Gestalt wie die am rechten Acromion vorkommenden Gruben, sind aber weniger umfangsreich. Das hintere Feld sitzt am Ende der Spina scapulae, das vordere Feld am mittleren Theile des Acromion, der rechts als O. a. basale isolirt blieb. Beide Felder sind durch Usur entstanden. Am hinteren Felde sind stellenweise noch Reste von der Beinhaut zu sehen. Am medialen Ende des vorderen Feldes hat sich die abnorme Schultergelenkkapsel befestiget, am übrigen grössten Theile ist es von der Beinhaut entblösst und daselbst glatt abgeschlossen.

Der vordere Theil des Acromion, die Acromionspitze, wird von einer gleichschenklig dreieckigen Knochenplatte gebildet. Die Knochenplatte ist das Os acromiale terminale. Seine obere Fläche ist convex, seine untere ist platt. Beide sind mit Beinhaut überzogen. Die untere Fläche dient grösstentheils der Schultergelenkkapsel zur Insertion. Der laterale Rand ist frei. Am medialen Rande

und an der Spitze befestiget sich das Lig. coraco-acromiale, das von dem rechten an Grösse und Gestalt sich nicht unterscheidet. Der hintere Rand oder die Basis articulirt am übrigen Acromion. Das O. a. terminale misst in sagittaler Richtung 11 Mill. und eben so viel in transversaler an der Basis. Es ist $4^1/_2$—5 Mill. dick.

Im Fornix coraco-clavi-acromialis kommt ausser dem Acromio-Claviculargelenke noch ein unvollkommenes accidentelles Gelenk vor d. i. die Articulatio inter-acromialis.

Die Kapsel der Articulatio acromio-clavicularis hat durch Aufsaugung in Folge der Reibung des Gelenkkopfes des Armbeines ihre ganze untere Wand verloren. Dadurch entstand eine lange und 7 Mill. weite Spalte, wodurch dieses Gelenk mit dem abnormen Schultergelenke sehr klaffend communicirte.

Zwischen den die Articulatio inter-acromialis zusammensetzenden Knochen liegt ein $1^1/_2$—3 Mill. dicker Faserknorpel, in dem nur mit Mühe einige Knorpelzellen aufzufinden waren. An seiner lateralen Hälfte ist er einfach, an seiner medialen Hälfte zweifach zerklüftet. Die durch Zerklüftung an letzterer Stelle entstandene intermediäre Platte ist theilweise verknöchert. An seiner oberen Seite ist er von einer aus queren Bindegewebsbündeln gebildeten Faserhaut bedeckt, die vom O. a. terminale zum übrigen Acromion hinübersetzt. Mit seiner unteren Seite sieht er in die Höhle des abnormen Schultergelenkes.

Das Vorkommen dieser Acromialknochen ist in Bildungshemmung d. i. im Fortbestehen der Synchondrosen zwischen der Spina scapulae und der verknöcherten Acromialepiphyse und zwischen den Theilen der letzteren begründet, in welchen durch Erweichung und Verflüssigung vom Centrum aus gegen die Peripherie accidentelle Gelenke auftraten. Wegen Mangels jeder Spur von Callus können die Acromialknochen nicht als Bruchstücke und die accidentellen Gelenke nicht als sogenannte falsche Gelenke, welche bei Fractur möglicher Weise sich bilden können, genommen werden.

(Schluss folgt.)

Ueber die Körnchenbewegung an den Pseudopodien der Polythalamien.

Von

C. B. Reichert.

M. Schultze hat eine Broschüre: „Das Protoplasma der Rhizopoden und Pflanzenzellen“ veröffentlicht, in welcher die Körnchenbewegung an den Pseudopodien der Foraminiferen, sowie auch die Controverse über die Zellenmembran, wie es scheint, namentlich gegen die von mir mitgetheilten Abhandlungen in diesem Archiv (1862 S. 638; 1863 S. 86), von neuem besprochen werden. Es sind in dieser Broschüre neue thatsächliche und entscheidende Beweise für des Verfassers bekannnte Ansichten nicht vorzufinden, und ich hätte also wohl, Angesichts der bisherigen vergeblichen Bemühungen, genügende Gründe, dieselbe nicht weiter zu beachten, zumal der Verfasser noch eine zweite Abhandlung in Betreff der Furchungskugeln in Aussicht stellt. Dennoch darf ich folgende Bemerkungen schon jetzt nicht zurückhalten.

M. Schultze schiebt mir (Seite 6) die Absicht unter, die Ausdrücke: Membran, (feste) Grenzschicht, (feste) Lamelle deshalb gewechselt zu haben, um mir ein Mittel zu verschaffen, die Existenz von Dingen zu beweisen, die er nie geleugnet habe. Hierauf habe ich keine andere Antwort als die bekannte, man sucht Niemand hinter dem Ofen u. s. w. Ebenso sucht der Verfasser einen Hinterhalt darin, dass ich zu seiner Bemerkung, an der thierischen Zelle existire keine vom Inhalt (Protoplasma) chemisch differente Membran, hinzugefügt habe, den Sinn der Worte „chemisch different“ habe ich nicht

verstanden. Ich befinde mich aber, unerachtet des vermeintlichen Hinterhaltes, leider auch jetzt nicht in der Lage, den Sinn jener Worte zu verstehen, da ich unmöglich auch nur vermuthen darf, M. Schultze habe an die Cellulose-Kapsel der Pflanzenzelle gedacht, wenn von der Existenz einer thierischen Zellmembran die Rede ist.

In Betreff der Körnchenbewegung an den Pseudopodien der Foraminiferen muss es auffallen, dass Schultze auf die wichtigste und entscheidende Thatsache für meine Deutung der Körnchen als Contractionserscheinung, die ich sogar mit gesperrter Schrift einführte, und die auch mit dem übereinstimmen, was Joh. Müller vor mir gesehen hat, nicht näher eingegangen ist und die Bedeutung derselben gar nicht zu würdigen versteht. Bei einiger Aufmerksamkeit, so schreibe ich, entdeckt man, dass sowohl die centripetale als auch die centrifugale Bewegung des Korns an jeder beliebigen Stelle der ausgestreckten Fäden ausserhalb der Schale beginnen und enden kann; und gebe dann eine genaue Beschreibung des Phänomens, wie diese scheinbaren Körner durch Contraction an der hyalinen Pseudopodie entstehen und wieder vergehen, die auch vom Verfasser im Auszuge mitgetheilt ist. Eine andere Körnchenbewegung habe ich bei der von mir untersuchten *Miliola* und *Rotalia* nicht gesehen. — Ob bei anderen Foraminiferen in der hyalinen Substanz der Pseudopodien selbstständige Körnchen eingebettet und bei der in Rede stehenden Körnchenbewegung passiv betheiligt sind, desgleichen unter welchen Erscheinungen das geschieht, darüber kann ich nichts angeben. Die Möglichkeit, dass solche Körnchen vorkommen, konnte ich nicht bestreiten, noch auch besprechen. Es wird für die Zukunft eine zweite Aufgabe werden, das Verhalten solcher Körnchen zu der eigentlichen Körnchenbewegung zu studiren, vorausgesetzt, dass man Pseudopodien mit wirklichen Körnchen vorfindet.

M. Schultze's Arbeit ist in dieser Beziehung gänzlich unbrauchbar, da ihm die entscheidende Thatsache zur Lösung einer solchen Aufgabe völlig unbekannt geblieben ist. Seine Beweise für die Anwesenheit selbstständiger Körnchen in der

hyalinen Substanz der Pseudopodien sind daher auch ganz bedeutungslos. Er bezieht sich auf die scharfe Begrenzung und den starken Glanz der Körnchen bei der Körnchenbewegung, und hat doch selbst aus meiner Abhandlung angeführt, dass das aus der hyalinen Substanz sich bildende Korn gelbliche Färbung und dunkle Contour erhalte. Er verlangt, dass das Korn als Contractionswelle in Form einer Oese oder eines Ringes sich darstelle und beim Heben des Tubus keinen Lichtpunct gewähren solle, während ich ausführlich beschreibe, dass die an einander liegenden Pseudopodien oder Abschnitte derselben die Berührungsgrenze in keiner Weise verrathen, und dass man also in der Contractionswelle, welche Form sie auch haben mag, für unsere Mikroskope einen einfachen, homogenen Körper mit sphärischer Endfläche vor sich habe. Der Verfasser sieht ferner öfter eine rotirende Bewegung in den Körperchen der Körnchenbewegung von längsovaler oder stäbchenförmiger Gestalt und stellt dieselbe als im Widerspruch stehend mit meiner Ansicht hin, dass man es mit einer Contractionswelle zu thun habe. Obgleich ich sich bewegende Körnchen von dieser Form bei *Miliola* und *Rotaria* nicht gesehen habe, so ist doch äusserst leicht denkbar, dass die Contractionswelle auch diese Form zeige und bei dem scheinbaren Vorüberhüpfen an den Fäden in verschiedene Stellungen zu denselben gerathe und das scheinbare Bild eines rotirenden Körpers gewähren könne.

Ganz entscheidend für seine Ansicht, dass die Körnchen bei der Körnchenbewegung selbstständige Körperchen seien, soll nach des Verf. Annahme folgender Versuch sein. Man bringe an den Rand des Deckglases einen Tropfen destillirten Wassers und beobachtet folgende Einwirkung. Die Körnchenbewegung wird langsamer, endlich stockt sie und die Körnchen, welche sich eben noch bewegten, bleiben stehen und sind ohne die geringste Veränderung wahrzunehmen. Später tritt eine Zerstörung der Substanz der Pseudopodien ein. Auch bei der Einwirkung energischer wirkender Agentien (Jodlösung, verdünnte Säuren, Alkalien; elektrische Ströme, schnelle Erwärmung des Objectträgers bis auf mindestens 45° C.) zeigt

sich ein gleiches Resultat. Auch an abgerissenen Pseudopodien, bei welchen die Körnchenströmung noch eine Zeit lang fortdauert, tritt schliesslich dieselbe Erscheinung beim Absterben der Pseudopodien ein. Diese letztere Angabe ist insofern bemerkenswerth, als M. Schultze seine frühere Ansicht, wonach die Körnchen durch eine aus der allgemeinen Körpermasse hinzu- und nach derselben wieder zurückfliessenden Substanz in Bewegung gesetzt werden sollten, nunmehr aufgeben muss. Das Sichtbarbleiben der vorhin in Bewegung begriffenen Körnchen beim Eintritt der Ruhe und beim Erstarren der Pseudopodien hält M. Schultze für so entscheidend für die selbstständige Existenz der Körnchen, dass er hinzufügt: „Reichert mag sich umsehen, wie er seine Behauptung, dass das Körnchen ein optisches Trugbild sei, weiterhin stütze.“ Es wird genügen auf die alltägliche Erfahrung hinzuweisen, dass die contractilen Organe regelmässig in der Form zur Ruhe gelangen und erstarren, in welcher sie durch die unmittelbar vorhergehende Contraction versetzt sind. Die unter dem optischen Bilde eines Körnchens auftretende Contractionswelle wird daher selbstverständlich sichtbar bleiben, wenn bei dieser Form plötzlich Ruhe und Erstarren eintritt.

Endlich hat M. Schultze noch einen Versuch mit Carmin mitgetheilt. Milioliden wurden in einen Tropfen Seewassers gebracht, dem vorher ein wenig fein zertheilter Carmin zugesetzt war. Hier wird nun beobachtet, was J. Müller schon an den Pseudopodien der Polycystinen bei Anwesenheit anderer fremder Körper gesehen hatte, dass nämlich die den Pseudopodien anliegenden Carminkörnchen durch die Körnchenbewegung gleichfalls in Bewegung gesetzt werden, und zwar mit allen den Modificationen, welche die Körnchenströme darbieten, d. h. es kann auch geschehen, dass an einem scheinbar einfachen Faden entgegengesetzte Ströme vorkommen, da man, was Schultze allerdings nicht beachtet, niemals mit Sicherheit entscheiden kann, ob ein vorliegender einzelner Faden wirklich einfach ist oder aus mehreren besteht, deren Berührungsflächen mikroskopisch nicht wahrgenommen werden. Die Carminkörnchen, so wie die hinzugefügten Stärkemehlkörner dringen auch ins In-

nere der Schale und hier selbst in den Leib des Körpers hinein. Die Beschreibung des Verhaltens der Körnchen an den Pseudopodien wird hier so gegeben, als ob die Körnchen in die Substanz der Pseudopodien eindringen, obschon die Beweise gänzlich fehlen; der Verfasser hält ja sogar die an dem Faden forthüpfenden Contractionswellen oder scheinbaren Körnchen der Körnchenströme für Kügelchen, die in der hyalinen Substanz der Pseudopodien eingebettet liegen. Gleichwohl sollen die Versuche lehren: dass fremde Körper fast augenblicklich in die Substanz der Pseudopodien aufgenommen werden; ferner, dass die Körnchen innerhalb der Substanz fortbewegt werden; endlich dass mit der Körnchenbewegung eine Veränderung der Lage der Theile Hand in Hand gehe, die nicht blos Wellenbewegung sei. Ich habe diese Versuche mit Carmin noch nicht wiederholen können, und leugne nicht die Möglichkeit, dass feine Carminkörnchen in die Substanz der Pseudopodien eindringen. Es ist aber unzweifelhaft, dass M. Schultze keine Beweise für ein solches Eindringen der Carminkörnchen in die Pseudopodien beigebracht hat, dass er daher über das Verhalten solcher eingedrungener Körperchen bei der Körnchenbewegung nichts aussagen durfte, und dass endlich das beschriebene Verhalten der Carminkörnchen vollständig durch die Einwirkung der Contractionswelle auf die anliegenden fremden Körperchen zu erklären ist.

Schliesslich bemerke ich, dass M. Schultze nach wie vor einen Unterschied zwischen Zellsaftströmungen in den Pflanzenzellen und der Körnchenbewegung an den Pseudopodien nicht zu finden weiss. So lange der Verfasser auf diesem Standpuncte sich befindet, wird es für Jeden, der die Bildung und das Verschwinden der Körnchen in der Körnchenbewegung an den Pseudopodien verfolgt hat, unmöglich sein, sich mit ihm über die zur Sprache gebrachten Erscheinungen zu verständigen.

Ueber die Arten der Acromialknochen und accidentellen Acromialgelenke.

Von

Prof. Dr. Wenzel Gruber in St. Petersburg.

Hierzu Taf. X. A.

(Schluss.)

2. Abnorme Schultergelenke.

Irgend eine Abweichung in der Beweglichkeit der Arme an den Schultern fällt nicht auf. Nach Durchschneidung des Musculus deltoideus kommt man gleich auf die Schultergelenkkapseln, welche mit der Semivagina articul. humero-scapularis (= dem tiefen Blatte der Vagina m. deltoidei) verwachsen sind. Zwischen beiden liegen nach unten gegen das Collum chirurgicum die atrophirten Enden der an die Tubercula des Armbeines sich inserirenden Muskeln. Man sieht die Gelenkkapseln an die Fornices coraco-acromiales angeheftet. Man fühlt die Tubercula humeri ganz oder theilweise in den Gelenkkapseln. Nach Durchschneidung der Gelenkkapseln erscheinen die Gelenkköpfe der Armbeine zwischen dem M. subscapularis und den an das Tuberculum majus sich inserirenden Muskeln, gleichsam wie ein Knopf durch das Knopfloch nach oben durchgeschoben. Man vermisst in beiden Gelenken die Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii. Man findet am Fornix coraco-clavi-acromialis oder F. coraco-acromialis eine Art zweiter Cavitas glenoidalis mit 2—3 theilweise sehr klaffenden Spalten, welche in eben so viele Gelenke jener Fornices führen.

a. Rechtes Schultergelenk.

Die Cavitas glenoidalis am Condylus scapulae ist noch völlig mit Knorpel bekleidet und am Rande vom gewöhnlichen Labrum glenoideum umgeben. Der Knorpel, der erweicht ist, ist an der oberen hinteren Hälfte eben, an der unteren vorderen aber, durch Substanzverlust in der oberflächlichen Schicht, durch seichte Vertiefungen abwechselnd mit Erhöhungen, uneben. Das Labrum glenoideum hat nicht gelitten. Die Cavitas glenoidalis misst in verticaler Richtung 34 Mill., in sagittaler 24 Mill.

Die anomale Cavitas glenoidalis am Fornix coraco-clavi-acromialis hat eine abgerundet dreieckige Gestalt und misst sowohl in transversaler als sagittaler Richtung $4^1/_2$ Cent. Dieselbe wird von der Grube am Ende der unteren Fläche der Spina scapulae (rückwärts), von der grubenartig vertieften unteren Fläche des Os acromiale basale (vorwärts) und von einer seichten ovalen Grube an der unteren Fläche des Acromialendes der Clavicula (medianwärts) zusammengesetzt (Fig. 2. β. D. γ.). Letztere Grube ist wie die ersteren bis auf einen Randsaum von der Beinhaut enthlösst und zeigt eine abgeschliffene Knochenfläche. An dieser Cavitas sind drei Spalten zu sehen, welche durch ihr Zusammenfliessen die Gestalt eines y beschreiben. Davon führt die vordere laterale (b.) in die Articulatio inter-acromialis, die hintere laterale (c.) in die Articulatio acromio-spinalis und die mediale (d.) sehr klaffende in die Articulatio acromio-clavicularis. Im Bereiche der Spalte zwischen der Clavicula und dem Os acromiale basale und der Verbindung der ersteren mit dem Os acromiale terminale hängt von der Capsula acromio-clavicularis ein Packet mächtiger Synovialfortsätze hinab (Fig. 2. δ.)

Um das Caput humeri liegen vom Collum anatomicum, dessen Lage beiläufig noch zu bestimmen ist, bis 22 Mill. abwärts und in einer Dicke von 9—10 Mill. Knochenneubildungen von tropfsteinartigem Aussehen. Diese bedecken die Tubercula humeri, hängen zum Collum chirurgicum, davon durch eine kreisförmige Rinne geschieden, wie der Hut eines

Pilzes um den Stiel, hinab, und lassen zwischen sich einige fissurenartige Lücken. In die Rinne und die Fissuren dringen die Sehnen der an die Tubercula sich inserirenden Muskeln. Aus der Rinne kommt die daselbst theilweise befestigte Schultergelenkkapsel hervor. Die Gelenkfläche des oberen Endes des Armbeines beschränkt sich nicht auf das eigentliche Caput humeri, sondern dehnt sich auch auf die Knochenneubildungen über den Tubercula gegen das Collum chirurgicum hinab aus. Dadurch wird das ganze obere Armbeinende ein abgerundet vierseitiger, fast gerade aufwärts gerichteter Gelenkkopf (Fig. 3. a.). Die grössere mediale und hintere Hälfte des eigentlichen Caput humeri ist noch von Knorpel überzogen, die kleinere laterale aber dessen völlig beraubt, theilweise rauh, theilweise glänzend abgeschliffen. Der noch vorhandene Knorpel ist grösstentheils rauh und durch Substanzverlust, welcher flache Eindrücke oder an zwei Stellen tiefe Rinnen bildet, auch uneben. An die viereckige abgeschliffene Fläche des Caput humeri schliesst sich ein unter ihr liegender, kleinerer, unregelmässig vierseitiger, höckeriger, flacher Eindruck auf den Knochenneubildungen am Tuberculum majus an. Daselbst sind die Knochenneubildungen mit einer sehr dünnen, bindegewebigen Membran, übrigens aber mit einer dickeren, meistens glatten bekleidet. Als Grenze zwischen Tuberculum majus und minus ist eine grosse, polygonale, unebene, seichte, mit einer bindegewebigen Membran überzogene Vertiefung zu sehen. Die abgeschnittene Fläche am eigentlichen Caput humeri und der Eindruck derselben, welche etwa $^2/_5$ des ganzen abnormen Gelenkkopfes einnehmen, bewegen sich an der Cavitas glenoidalis des Fornix coraco-clavi-acromialis, die übrigen $^3/_5$ aber an der gewöhnlichen Cavitas glenoidalis scapulae und mittelbar unter dem vorderen Theile des Fornix coraco-acromialis bis zur Articulatio inter-acromialis neben dem Processus coracoideus, der an der unteren Seite seiner Spitze durch mittelbare Anlagerung des Gelenkkopfes eine dreieckige Abflachung aufweiset (Fig. 2. *a*.).

Die Gelenkkapsel ist am Umfange der Cavitas glenoidalis scapulae, am Armbeine am Collum chirurgicum und dar-

über in der Rinne unter den Knochenneubildungen (Fig. 3. *α.*), und am Fornix coraco-clavi-acromialis befestiget. Am Fornix coraco-clavi-acromialis inserirt sie sich: vorwärts an den Processus coracoideus und an die Basis des Os acromiale terminale; lateralwärts an den lateralen Rand des Os acromiale basale und denselben des Endes der Spina scapulae; rückwärts an eine Art Labrum glenoideum der unteren Fläche des Endes der Spina scapulae; medianwärts an den medialen Rand dieses Endes, an den medialen Umfang der Grube am Acromialende der Clavicula und an den medialen Rand des Lig. coraco-acromiale. Dieselbe ist von der unteren Fläche des Os acromiale terminale und des Lig. coraco-acromiale durch serös infiltrirtes Bindegewebe und etwas Fett geschieden. Sie ist reichlich mit Synovialfortsätzen versehen. An ihrer vorderen Wand, gegenüber dem Tuberculum minus, sitzt ein dreiseitig prismatischer, an den Enden abgerundeter, etwas gekrümmter Gelenkkörper (Fig. 3. *β.*). Er ist 1 Cent. 8 Mill. lang, 3—8 Mill. breit, $4^1/_2$—7 Mill. dick. Seine Rinde besteht aus wahrer Knochensubstanz. In seinem Inneren ist er schwammig und sehr fetthaltig. Die Gelenkkapsel, deren Höhle mit sämmtlichen Gelenken im Fornix coraco-clavi-acromialis communicirt, enthält eine beträchtliche Menge Synovia.

b. Linkes Schultergelenk.

Die Cavitas glenoidalis am Condylus scapulae ist in verticaler Richtung um 4 Mill. weniger hoch als die der rechten Scapula, gleicht aber letzterer in sagittaler Richtung an Grösse. Der Knorpel ist durch oberflächlichen Substanzverlust hier und da uneben. Dieses ausgenommen, weicht die Cavitas von der Norm nicht ab

Die anomale Cavitas glenoidalis befindet sich an dieser Schulter nur am Fornix coraco-acromialis. Sie hat die Gestalt einer länglich vierseitigen, seichten Grube, welcne lateralwärts breiter ist als medianwärts. Dieselbe misst in sagittaler Richtung 3 Cent., in transversaler $2^1/_2$ Cent., ist somit viel kleiner als die der rechten Schulter. Sie wird von einer seichten, vierseitigen Vertiefung am Ende der unteren Fläche

der Spina scapulae, die schmäler ist als die entsprechende Grube der rechten Seite, und von einer seichten Grube an dem mit der Spina scapulae verbrauchten Basalstocke des Acromion, welches dem Os acromiale basale der rechten Schulter entspricht, gebildet. An ihrem vorderen Ende ist eine Querspalte zu sehen, die in die unvollkommene Articulatio interacromialis führt; an ihrem medialen Rande ist eine 2 Cent. lange und 7 Mill. weite, klaffende Spalte zu sehen, durch die man in die Articulatio acromio-clavicularis gelangt.

Beträchtliche Knochenneubildungen sind am medialen Umfange des Collum anatomicum und am Tuberculum minus, spärliche am lateralen und hinteren Umfange des ersteren und am Tuberculum majus zu sehen. Die Gelenkfläche am oberen Ende des Armbeines hat sich auf den oberen Theil des Tuberculum majus und minus ausgedehnt, so dass sich diese noch theilweise in der Gelenkkapsel befinden. Das Caput humeri ist noch grösstentheils mit Knorpel überzogen. An seiner lateralen Seite hat ein Verlust an Knorpel, welcher fast bis auf den Knochen geht, theils knapp, theils 7 Mill. über dem Collum anatomicum eine elliptische Rinne von 3 Cent. 3 Mill. Länge, bis 8 Mill. Weite und beträchtlicher Tiefe gebildet. Lateralwärts am oberen vorderen Umfange des Caput humeri ist eine länglich runde 2 Cent. 6 Mill. lange und 1 Cent. 3 Mill. breite abgeschliffene Stelle zu sehen, welche nach vorn, bis 3 Mill. vom Collum anatomicum entfernt, reicht. An den hinteren $^2/_3$ dieser Stelle ist der Knorpel theilweise, an dem vorderen $^1/_3$ aber ganz verloren gegangen. An letzterer Portion zeigt sich eine ovale, 1 Cent. 3 Mill. in der einen Richtung und 9 Mill. in der anderen breite, glänzend abgeschliffene Knochenfläche. Vor dieser durch eine 3 Mill. breite, dünne Knorpelbrücke geschieden, und noch weiter medianwärts sich erstreckend ist der innerhalb der Kapsel liegende Theil des Tuberculum majus ganz abgeschliffen zu bemerken. Der in die Kapsel ebenfalls einbegriffene Theil des Tuberculum minus hat von der mittelbaren Anlagerung des Processus coracoideus einen grossen, abgerundet dreieckigen, mit einer Bindegewebsmembran überzogenen Eindruck erhalten. Von diesem

entstehen einige feine Sehnenbündel des M. subscapularis. Der vorhandene Sulcus intertubercularis ist an seinem oberen Theile eine tiefe, enge Spalte.

Die Gelenkkapsel ist am Anfange der Cavitas glenoidalis scapulae, am Armbeine unter dem Umfange seines Caput und etwa in der Mitte der Höhe der Tubercula, endlich am Fornix coraco-clavi-acromialis befestiget. Sie hängt durch das Lig. coraco-humerale mit dem Processus coracoideus zusammen, inserirt sich: vorn an den grössten Theil der unteren Fläche des Os acromiale terminale; lateralwärts an den Rand des Fornix coraco-acromialis von dem Os acromiale terminale rückwärts; hinten an eine stumpfe, die seichte Vertiefung am Ende der Spina scapulae begrenzende Kante; medianwärts an den medialen Rand des Lig. coraco-acromiale und an das Acromialende der Clavicula. Das abnorme Schultergelenk steht mit der unvollkommenen Articulatio inter-acromialis, dann mit der A. acromio-clavicularis durch eine in Folge des Verlustes der unteren Wand der Capsula acromio-clavicularis entstandene Spalte in Verbindung.

3. Verhalten des Musculus biceps brachii; nebst einer Beurtheilung der Ansicht von Cruveilhier über den muthmasslichen Zweck der interarticulären Lage der Sehne seines Caput longum. (Fig. 3. b.)

Die Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii wird in beiden Schultergelenken vermisst. Man findet aber das Ende des extraarticulären Theiles an das Tuberculum majus angeheftet. Dieses Ende kommt rechts hinter einer Knochenneubildung am Tuberculum majus vorher (b'.); ist links theilweise abgerissen, theilweise am Tuberculum majus innerhalb der obersten, engen und tiefen Partie des Sulcus intertubercularis befestiget. Die platte Sehne des rechtseitigen Muskels (b'.) ist gegen 11 Cent. lang und 6 Mill. breit, des linkseitigen Muskels $9^1/_2$ Cent. lang und $4^1/_2$ Mill. breit. Der Fleischkörper dieses Kopfes ist um die Hälfte schwächer als jener des kurzen Kopfes.

Ich dachte zuerst an einen angebornen Defect des interarticulären Theiles der Sehne des langen Kopfes und an einen primär anomalen Ursprung dieses Kopfes vom Tuberculum majus. Diese Ansicht musste ich bald aufgeben und annehmen, dass in Folge chronischer Entzündung der Schultergelenke der interarticuläre Theil der Sehne verloren ging und der extraarticuläre Theil derselben mit dem Tuberculum majus verwuchs, wie in jenen Fällen, welche R. Adams mit Mayne[1]), E. Gurlt[2]), Edwin Canton[3]) beschrieben haben und Adams[4]) von zwei Fällen abgebildet hat.

J. Cruveilhier[5]) betrachtet den interarticulären Theil der Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii als Zwischengelenksband (Ligament interarticulaire). Er meint, diese Sehne habe den Zweck, den Kopf des Humerus an die Cavitas glenoidalis scapulae anzulegen und bei Stössen von unten nach oben zu unterstützen, weil sie über demselben eine Art Gewölbe bilde.

Gewisse an erkrankten Schultergelenken gemachten Beobachtungen scheinen in der That diese Ansicht zu stützen. Bei den Fällen von chronischer Entzündung des Schultergelenkes nämlich, in welchen der interarticuläre Theil der Sehne entweder verloren gegangen (Mayne und Adams, Canton, E. Gurlt, Gruber), oder gerissen (Greg. Smith), oder abgeflacht, ausgedehnt und in neben einander liegende Stränge getheilt (Canton), oder doch nach innen dislocirt war (Adams, Godin, R. Smith), wurde gefunden: dass der Gelenkkopf des Armbeines nicht nur an der Cavitas glenoidalis

1) R. Todd. The Cyclopaedia of anat. and physiol. Vol. IV. Lond. 1852 S. 589 — 590. Art. von Adams: „Abnormal conditions of the shulder-joint."

2) Beitr. zur vergl. pathолog. Anat. d. Gelenkkrankheiten. Berlin 1853 S. 257 Fall 5.

3) A London Med. Gaz. New-Ser. Vol. VI. 1848 S. 410. — Bei E. Gurlt S. 262. Fall 16.

4) L. c. Fig. 428. S. 586; Fig. 429 S. 590.

5) Traité d'anat. descr. 3e édit. Tom. I. Paris 1851 S. 463.

scapulae, sondern auch zugleich in einer durch Usur entstandenen, anomalen Cavitas glenoidalis am Fornix coraco-clavi-acromialis oder Fornix coraco-acromialis; oder bei Atrophie der ersteren sogar in letzteren allein (Godin) sich bewegt; oder dass der Gelenkkopf durch Druck auf die obere Kapselwand doch zu deren Abnutzung und Durchbohrung geführt hatte. Der Gelenkkopf des Armbeines scheint demnach, abgesehen vom Risse anderer Muskeln, namentlich erst nach völliger oder theilweiser Zerstörung der Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii, oder doch nach deren Dislocation, sich nach oben oder aussen und oben abnorm erheben, auf die obere Wand der Schultergelenkkapsel, namentlich auf den Theil derselben, welcher über der Sehne von Muskeln unbedeckt liegt, einen grösseren Druck ausüben und dadurch allmälig Atrophie und Perforation derselben und der sie bedeckenden Muskeln bewirken zu können. Der dadurch mit dem Fornix coraco-clavi-acromialis oder F. coraco-acromialis in Berührung gekommene Gelenkkopf des Armbeines wird daselbst in Folge von Reibung, Schwund der Beinhaut und Usur der knöchernen Partien in verschiedener Ausdehnung veranlassen und damit eine Art zweiter Fossa glenoidalis bilden. Während dieser Vorgänge ist es wohl in der Regel zur Verwachsung der Wände der Bursae mucosae subacromiales und subcoracoideae und dadurch, mit Aufhebung des Spatium subacromiale und subcoracoideum, auch zur Vereinigung der Semivagina articulationis humero-scapularis mit der Schultergelenkkapsel und den diese bedeckenden Muskeln gekommen. Es wird somit die Schultergelenkkapsel nach Durchbohrung ihrer oberen Wand und Bildung einer Cavitas glenoidalis am Fornix coraco-clavi-acromialis oder F. coraco-clavicularis durch den Gelenkkopf des Armbeines, auch an die Fornices im Umfange jener Cavitas abnorm angeheftet und doch abgeschlossen sein. Ist es aber vor der Durchbohrung der oberen Wand der Schultergelenkkapsel zur Verwachsung der Wände jener B. mucosae nicht gekommen, haben also diese fortbestanden, so wird die Höhle der Schultergelenkkapsel mit jener der B. m. subacromialis communiciren können.

Ein Fall mit normal gebildetem Schultergelenke und Mangel des ganzen langen Kopfes des M. biceps brachii aber, den ich am 28. October 1861 an der linken Extremität eines jungen männlichen Individuums, bei dem es zur völligen Verschmelzung der verknöcherten Acromialepiphyse mit der Spina scapulae noch nicht gekommen war, beobachtete, hatte nichts an sich, welches einen Anhaltspunct für die Richtigkeit der Ansicht von Cruveilhier abgeben könnte. Der allein vorhandene kurze Kopf war spindelförmig, nur so gross wie derselbe Kopf des Muskels der anderen Seite. Er entsprang mit dem normal sich verhaltenden M. coracobrachialis verwachsen wie gewöhnlich vom Processus coracoideus. Seine Sehne inserirte sich wie die des normalen M. biceps brachii an den Radius und seine Sehne gab auch das aponeurotische Bündel zur Aponeurose am inneren Muskelvorsprunge der Regio cubiti anterior. Aber weder am Gelenkkopfe des Armbeines und an der Cavitas glenoidalis scapulae, noch an der Schultergelenkkapsel und an den diese bedeckenden Muskeln, noch am Fornix coraco-acromialis, im Spatium subacromiale und subcoracoideum und an den Bursae mucosae, welche in letzteren enthalten sind, wurde etwas bemerkt, welches angezeigt hätte, dass der Gelenkkopf des Armbeines höher gestanden wäre, als derselbe der anderen Extremität, an welcher der M. biceps brachii völlig normal gebildet vorkam.

4. Unabhängigkeit der Bildung der accidentellen Acromialgelenke und der Acromialknochen von der chronischen Entzündung der Schultergelenke.

Die articulirenden Acromialknochen unserer beiden neuen Fälle kamen bei chronischer Entzündung der Schultergelenke vor. Adams mit Mayne, Godin, Greg. Smith und Rob. Smith haben in ähnlichen Fällen chronischer Entzündung zwar nicht articulirende Acromialknochen, aber doch von der Spina scapulae getrennte Acromialepiphysen angetroffen.

Adams mit Mayne[1]) fanden an der rechten Schulter eines 55jährigen Mannes, an welcher der Gelenkkopf des Armbeines ausser an der gewöhnlichen Cavitas glenoidalis scapulae auch am Fornix coraco-clavi-acromialis articulirte und der interarticuläre Theil der Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii fehlte, das Acromion durch eine vollständige, quere, von innen nach aussen gehende Continuitätstrennung in zwei gleiche Theile geschieden, ohne dass Zeichen von Fractur da waren. Godin[2]) beobachtete an der Schulter eines bejahrten Mannes, an welcher der Gelenkkopf des Armbeines bei Atrophie der Cavitas glenoidalis scapulae am Fornix coraco-acromialis sich bewegte und die Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii nach vor- und einwärts dislocirt war, Separation der Portion, welche mit der Clavicula articulirt. Gregory Smith[3]) sah an beiden Schultern einer 56jährigen Frau, an welcher die Schultergelenkkapsel von einer Oeffnung durchbohrt war, wodurch diese mit der B. m. subdeltoidea (subacromialis) communicirte, am Acromion angeblich einen Schiefbruch. Das abgetrennte, 1 Zoll lange Stück soll durch Vereinigung mit Knorpel ein künstliches Gelenk gebildet haben, das durch eine fibro-ligamentöse Kapsel verstärkt war. Robert Smith[4]) endlich fand an einer Schulter eines alten Weibes, an welcher der Gelenkkopf auch an der unteren Fläche des Acromion sich bewegt hatte und die Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii nach innen dislocirt war, den Acromialfortsatz so getheilt, als ob er in der Linie der Acromialepiphyse gebrochen wäre. Das abgetrennte Stück, welches nur durch eine ligamentöse Verbindung zurückgehalten zu werden schien, war $^1/_2$ Zoll lang.

Die vom Acromion abgetrennten Knochenstücke entsprachen in den ersten drei Fällen der ganzen verknöcherten Acromialepiphyse und in Rob. Smith's Falle vielleicht nur der Acro-

1) L. c. S. 590 Fig. 429. a.

2) Bull. de la Soc. anat. de Paris XIIe ann. Paris 1837 S. 37.

3) Bei E. Gurlt l. c. S. 263. A Lond. Med. Gaz. Vol. XIV. 1834 S. 282 Case 4.

4) Bei R. Adams l. c.

mialepiphysenspitze. Der Mangel an Callus in allen Fällen beweiset, dass dieselben nicht als Fragmente zu nehmen sind, wenn auch Greg. Smith von Fractur spricht. Die Verbindung ging mit der Spina scapulae oder der Acromialepiphysenbasis durch Synchondrose, die in Greg. Smith's Falle vielleicht eine bewegliche war, nicht aber durch eine Diarthrose vor sich. Adams mit Mayne, Godin und Rob. Smith erwähnen in der That keines Gelenkes. Cruveilhier[1]), welcher Godin's Fall ausführlicher beschreibt, aber auch von Godin's Angaben Manches weglässt, sieht die Trennung des Acromion von der Spina scapulae in diesem Falle als Folge von Usur oder doch nicht eingetretener Verschmelzung der Acromialepiphyse, nicht als Fractur an, und spricht auch nicht von einem Gelenke. Greg. Smith gedenkt allerdings der Verbindung durch ein Gelenk, ohne aber dieses so zu beschreiben, dass es nicht für eine Synchondrose genommen werden könnte.

Wie in unserem Falle, so war auch in diesen Fällen die Trennung der Acromialepiphyse oder Acromialepiphysenspitze von der Scapula weit über die Zeit der sonstigen Verschmelzung der ersteren mit der letzteren hinaus permanent geblieben, somit in einer Bildungshemmung begründet, die schon lange vor dem zufälligen Eintritte der chronischen Entzündung der Schultergelenke bestanden hat, also von dieser nicht abhängig gemacht werden kann. Während aber in unserem Falle die Synchondrosen in Diarthrosen sich umgebildet hatten, wodurch die Acromialepiphysenstücke articulirende, selstständige Acromialknochen wurden, bestanden die Synchondrosen der anderen Fälle als solche fort. Wenn demnach Synchondrosen im Acromion als solche bei erkrankten Schultergelenken fortbestehen und dieselben in anderen Fällen mit gesunden Schultergelenken in Diarthrosen sich verwandeln können, wie es oben bewiesen ist, so kann die Existenz accidenteller Acromialgelenke und selbstständiger Acromialknochen in unserem Falle nicht von der chronischen

1) Traité d'anat. path. gén. Tom. I. Paris 1849. S. 466.

Entzündung der Schultergelenke abhängig gemacht werden. Es ist vielmehr anzunehmen, dass die accidentellen Acromialgelenke schon vor der Erkrankung der Schultergelenke bestanden, aber im Verlaufe und in Folge dieser Erkrankung ihre untere Kapselwand durch dieselben Ursachen eingebüsst haben, wie die von jeher bestandenen Acromioclaviculargelenke, und dass erstere wie letztere in Folge des Verlustes der genannten Kapselwand mit den abnormen Schultergelenken communicirt haben.

5. Anomaler Schultermuskel.

Jener oben erwähnte anomale Muskel — M. coraco-clavicularis singularis — der linken Schulter ist ein platter, dreiseitiger Muskel von 12 Cent. Länge, bis 1 Cent. 3 Mill. Breite und bis 4 Mill. Dicke. Er entspringt mit einer 6 Mill. breiten, 4 Cent. langen, platten Sehne etwa in der Strecke von 2 Cent. 7 Mill. theils von der Capsula sterno-clavicularis, theils vom unteren Rande der vorderen Fläche des Sternalendes der Clavicula. An der Verbindung des inneren Drittels mit dem mittleren der Länge der Clavicula wird er fleischig, läuft vor dem normalen M. subclavius und unter der Fascia coraco-clavicularis propria schräg lateral- und vorwärts zum Processus coracoideus, um sich an den oberen Theil der medialen Fläche desselben in einer Breite von 1 Cent. 3 Mill. und in einer Dicke von 4 Mill. hinter der Insertion des M. pectoralis minor anzuheften.

Dieser Muskel kann weder der von mir entdeckte M. pectoralis minimus[1]) noch ein M. subclavius sein. Er ist entweder als ein anderer selbstständiger anomaler Muskel, oder als eine anomale Clavicularportion des M. pectoralis minor zu nehmen.

---

1) W. Gruber, Die supernumerären Brustmuskeln des Menschen. — Mém. de l'Acad. Imp. des Sc. de St.-Petersbourg. Tom. III. No. 2.; Besond. Abdr. St. Petersburg, Riga u. Leipzig 1860. 4. S. 7. Taf. I. Fig. 5.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Knochen und Bänder des Gürtels der rechten oberen Extremität eines 66jährigen Weibes.

(Ansicht von oben und hinten.)

A. Clavicula.
B. Scapula.
C. Os acromiale terminale.
D. „ „ basale.
a. Ligamentum coraco-acromiale.
b. Kapsel der Articulatio inter-acromialis.
c. „ „ „ acromio-spinalis.
d. „ „ „ acromio-clavicularis.
e. Lig. transversum scapulae.
α. Processus coracoideus.
β. Das zur Bildung des Fornix coraco-clavi-acromialis beitragende Ende der Spina scapulae.

Fig. 2. Dasselbe Präparat.

(Ansicht des Fornix coraco-clavi-acromialis von unten und vorn.)

A. B. C. D. a. wie Fig. 1.
b. Articulatio inter-acromialis.
c. „ acromio-spinalis.
d. „ acromio-clavicularis.
α. Processus coracoideus mit einer dreieckigen Abflachung an der unteren Seite seiner Spitze.
β. Ende der Spina scapulae mit einer durch Usur entstandenen anomalen Cavitas glenoidalis seiner unteren Fläche.
γ. Acromialende der Clavicula mit einer durch Usur entstandenen anomalen Cavitas glenoidalis an seiner unteren Seite.
δ. Packet Synovialfortsätze.

Fig. 3. Rechter Oberarm desselben Weibes.

a. Abnormer Gelenkkopf des Armbeines mit Knochenbildungen.
b. Musculus biceps brachii.
b'. Caput longum.
b''. „ breve.
c. M. brachialis internus.
d. M. coraco-brachialis.
e. Insertionstheil des M. pectoralis major.
f. „ „ M. deltoideus.
g. „ „ M. latissimus dorsi.

h. Insertionstheil des M. teres major.
α. Schultergelenkkapsel — Reste.
β. Gelenkkörper.

Bemerkungen, betreffend den oben S. 180 befindlichen Aufsatz des Hrn. Mecznikow über den Stiel der Vorticellen.

Schreiben des Herrn Dr. W. Kühne an Herrn Professor E. du Bois-Reymond.

Berlin, den 20. Juli 1863.

Das letzte Heft des von Ihnen und Herrn Reichert herausgegebenen Archivs für Anatomie und Physiologie enthält einen Aufsatz: „Untersuchungen über den Stiel der Vorticellen von E. Mecznikow", den ich unberücksichtigt lassen würde, wenn ihm nicht die Ehre widerfahren wäre, in dieser seit so langer Zeit berühmten Zeitschrift zu erscheinen. Ich habe keine Ursache mich über die Frage zu erhitzen, ob die Infusorien Muskeln besitzen oder nicht, und werde vollkommen zufrieden sein, wenn man, meinem Vorgange folgend, nur einige gemeinsame Eigenschaften der sogenannten contractilen oder irritablen Substanzen anerkennt. Die Frage: was man einen Muskel zu nennen habe, wird immer durch irgend eine willkürliche Definition beantwortet werden, der man sich gern anschliessen wird, sobald sie praktisch ist und zur gegenseitigen Verständigung ausreicht. Demnach kann es auch nicht meine Absicht sein, mich in einen Streit um Worte zu mischen, welchem Andere eine höhere Bedeutung beilegen als ich. Thatsachen aber, welche bei den ersten Reizversuchen an Infusorien aufgefunden wurden, scheinen mir doch so viel Werth zu

besitzen, dass ich sie ungerechtfertigten Angriffen gegenüber sicher zu stellen wünschen muss.

Herr Mecznikow beschreibt unter dem Vorgeben, dass er meine Beobachtungen nicht habe bestätigen können, eine Reihe von Versuchen, die zum Theil in Wirklichkeit auch ihm genau dasselbe ergaben, was ich früher beschrieben habe. Sie werden sich wundern, wenn Sie den ersten Versuch, der auf die Einleitung folgt, wo der Verfasser jene Versicherung giebt, dass seine Resultate von den meinigen bedeutend abweichen, mit meiner Beschreibung (Myologische Untersuchungen S. 213 u. 214) vergleichen. Es handelt sich hier um das Verhalten der Vorticellenstiele gegen die Schläge des Magnetelektromotors, das ich in der That genau so beschrieb wie Hr. Mecznikow.

Bei der Wiederholung meines Versuches über die Einwirkung sehr verdünnter Salzsäure auf den Vorticellenstiel macht der Verf. ferner noch besonders aufmerksam auf die Differenz unserer Ergebnisse, während er doch leicht hätte einsehen können, worin die geringe Verschiedenheit lag. Ich sage nämlich, der Vorticellenstiel ziehe sich in Salzsäure von 1 pCt. augenblicklich zusammen, werde im Inneren trübe und der contractile Faden in der Axe werde später wieder durchsichtig und löse sich auf. Absichtlich wählte ich zu dem Versuche einen Tropfen, in dem sich freie Vorticellen befanden, da ich den Einfluss der verhältnissmässig enormen Lemnawurzeln, an denen die winzigen Thierchen gewöhnlich zu haften pflegen, zu vermeiden wünschte. Hr. Mecznikow hat den Versuch offenbar anders angestellt; er hat die verdünnte Säure an der Lemnawurzel entlang fliessen lassen, und Bewegungen der Vorticellen beschrieben, welche stattfanden, so lange die Säure noch nicht in hinlänglicher Concentration bis zu den Thieren vorgedrungen war. Schliesslich sah er aber auch die Bewegungen langsamer werden und ganz verschwinden. Ob dabei die von mir beschriebene Erstarrung des contractilen Fadens, das Trübwerden u s.w. erfolgte, worauf ich allein Gewicht legte, darüber sagt derselbe nichts; er bringt also nichts vor, was den Beweis liefern könnte, dass er schliesslich etwas anderes gesehen habe als ich. Zum Beweise, dass die Stiele der Vorticellen

in äusserst verdünnter Salzsäure fast augenblicklich zusammenschnurren, und dass dabei der contractile Faden, wie der Leibesinhalt, trübe und undurchsichtig wird, möchte ich Ihnen vorschlagen, eine mit Vorticellen besetzte Lemna nur einmal in Salzsäure von 0,05 pCt., also in eine noch viel verdünntere Säure unterzutauchen und dann so rasch wie möglich unter das Mikroskop zu bringen. Sie werden keine einzige Vorticelle mehr durchsichtig und beweglich finden.

Ich hatte bei meinen früheren Versuchen die Meinung ausgesprochen, dass Vergiftungsversuche wenig Aufschluss geben könnten über das Verhalten des Vorticellenstieles, da die Thiere auch in Lösungen der unschuldigsten Salze zu Grunde gingen, und ich hatte darum auf das Absterben und Erstarren der Vorticellen in Rhodankaliumlösungen z.B. so wenig Gewicht gelegt, dass ich mich weiterer Angaben über die Concentration der angewendeten Lösungen vollständig enthielt. Jetzt verkündet nun Hr. M., dass eine Rhodankaliumlösung, welche 6 pCt. des Salzes enthalte, gar keinen Einfluss auf den Vorticellenstiel ausübe, denn die Thiere führen fort den Stiel zu bewegen, wenn die Glocke schon ganz eckig geworden und unförmig zusammengeschrumpft sei. So wunderbar mir diese Angabe klang, so habe ich den Versuch doch mit einer genau dosirten Lösung wiederholt. Hr. Mecznikow wundert sich darüber, dass die Vorticellen so lange in dieser concentrirten Lösung weiter leben können. Das Maximum der Lebensdauer, welches ich beobachtete, blieb indessen noch unter 30 Secunden, und auch hier muss ich annehmen, dass das Salz nicht vollständig an das Präparat herangedrungen war. Beim Zusetzen eines Tropfens dieser Lösung nämlich rollt sich der Stiel plötzlich heftig zusammen, viele Glocken fallen dabei ab und die leeren Stiele rollen sich nun langsam wieder aus einander. Reizt man das Präparat gleich darauf mit den stärksten Inductionsschlägen, so erfolgt keine Spur von Bewegung mehr. Die Streckung des Stieles ist häufig nur theilweise und hat in der Regel ihren Grund in Zerreissungen, die in dem erstarrten inneren contractilen Faden auftreten.

Hier muss ich demnach Hrn. Mecznikow nur allzusehr bei-

pflichten, wenn er meint, dass seine Beobachtungen im grellen Widerspruche zu den meinigen stehen. Ja ich muss diesen Widerspruch leider noch vermehren durch einen anderen Versuch, zu dem mich die Mittheilungen dieses Autors über die gänzliche Unschädlichkeit einer Kochsalzlösung von 0,5 pCt. veranlasste. Unter Voraussetzung der Richtigkeit dieser Angabe würde es von Interesse sein, die Einwirkung von Giften auf Infusorien zu untersuchen in Lösungen, die 0,5 pCt. und weniger enthalten. Ich setzte deshalb eine reichlich mit Vorticellen besetzte Lemna in eine Lösung von 0,5 pCt. Rhodankalium. Nach 15 Minuten fand ich fast alle Thiere mit dicht zusammengerollten Stielen fest an der Wurzel sitzen, andere dagegen mit gestreckten Stielen, eingeschlagenen Wimpern und vollständig bewegungslos. Als ich nun das Präparat mit allmälig verstärkten Inductionsschlägen tetanisirte, erfolgte bei starken Strömen in einigen Glocken ein plötzlicher Ruck, wobei aus einzelnen kleine Kügelchen und Bläschen hervortraten; — aber selbst die gestreckten Stiele zeigten keine Spur von Bewegung.

Obwohl das Verhalten der Vorticellen gegen eine Rhodankaliumlösung von 0,5 pCt. nicht ohne Weiteres verglichen werden kann mit dem zu einer Chlornatriumlösung derselben Concentration, so darf man doch vielleicht einiges Gewicht darauf legen, dass in der Kochsalzlösung nach 15 Minuten noch Vorticellen lebend, d. h. mit anscheinend freiwilliger und regelmässiger, geschwinder Bewegung des Stieles angetroffen werden. Jedoch darf man nicht mit Herrn Mecznikow glauben, dass die Thiere den Aufenthalt darin auf die Dauer vertragen, denn ich fand sie nach 30 Minuten spätestens alle todt, d. h. ohne Bewegung und ohne Reaction auf starke Inductionsschläge. Nach 20 Minuten sah ich neben vielen todten und zusammengerollten Thieren häufig solche, deren Körper stark geschrumpft und eckig war, welche aber ihren Stiel augenscheinlich noch willkürlich bewegten. Diese von Hrn. Mecznikow öfter erwähnte Erscheinung macht es wahrscheinlich, dass manche gelösten Stoffe eher durch den Körper oder vielleicht durch den Mund der Thiere eindringen, als sie durch die elastische Hülle des Stieles

diffundiren. Selbstverständlich können Versuche wie der eben beschriebene, wo es sich um die Einwirkung einer Salzlösung während längerer Zeit handelt, nicht auf frei liegenden Objectträgern angestellt werden, sondern man muss das Object und die Röhre des Mikroskops, wenn man dauernd beobachten will, mit einer innen feucht gehaltenen Glasröhre umgeben, oder wenn das Präparat nur von Zeit zu Zeit beobachtet werden soll, in eine grössere Menge der Salzlösung untertauchen, aus der es jedesmal wieder herausgenommen und auf den Objectträger gelegt wird.

Da aus den früher von mir hervorgehobenen Gründen nicht viel Gewicht auf die schädliche Wirkung der Gifte bei den Infusorien zu legen ist, wenn sie nicht in einer ausserordentlichen Verdünnung wirksam sind, so war es von Interesse, ein ausgezeichnetes Muskelgift wie das Veratrin, das in Wasser fast unlöslich ist, zu versuchen. Hr. Mecznikow bestreitet meine Angabe, dass Vorticellen in wässriger Veratrinlösung absterben, er fügt aber nicht hinzu, wie lange er die Thiere in der Lösung lebendig bleiben sah. Um diese Versäumniss wieder gut zu machen, brauche ich nur hinzuzufügen, dass alle Vorticellen innerhalb zwei Stunden ohne usnahme in einer wässrigen Lösung des Giftes absterben. Zur Sicherung des Versuches gegen alle Einwände braucht man nur die mit den Infusorien besetzten Wasserlinsen auf vier Gläser zu vertheilen, welche mit dem Wasser des Fundortes, mit einer Lösung von Veratrin in diesem Wasser, mit einer Veratrinlösung in destillirtem Wasser und mit reinem destillirten Wasser gefüllt sind. An den in der ersten und letzten Flüssigkeit befindlichen Thieren bemerkt man nach zwei Stunden keine Veränderung, während sie in den beiden anderen todt und erstarrt gefunden werden.

Vorticellen können bekanntlich unlösliche Körnchen durch die Wimperbewegung ohne Schaden in sich aufnehmen, so z. B. Carmin oder schwefelsauren Baryt. Setzt man sie in eine Veratrinlösung, welche etwas fein gepulvertes Veratrin suspendirt enthält, so gerathen die Giftkörnchen in das Innere der

Thiere und der Tod, d. h. die Erstarrung, tritt jetzt nach 3 bis 5 Minuten ein.

Auf S. 185 bitte ich Sie zuvor zu lesen, was Hr. Mecznikow von dem Einflusse einer einprocentigen Kalilösung sagt. Der Stiel der Vorticellen soll sich in dieser Lauge nicht verändern. Mir ist es unbegreiflich, wie man die Veröffentlichung einer solchen Behauptung wagen kann, wenn man den Versuch nur ein einziges Mal gemacht hat. Lässt man nämlich die Kalilösung von genau 1 pCt. langsam an das Präparat heranfliessen, verdünnt man sie also noch mit dem bereits vorhandenen Wassertropfen, so ziehen sich die Vorticellenstiele plötzlich zusammen, hierauf löst sich der innere contractile Faden des Stieles plötzlich auf, seine elastische Hülle streckt sich rasch wieder, und schliesslich platzt der glockenförmige Leib und verwandelt sich in einen körnigen Brei. Taucht man die Vorticellen mit der Lemnawurzel einmal rasch in die Kalilösung ein, so findet man keine einzige Vorticelle mehr, sondern nur gestreckte Stielröhren, aus denen der contractile Faden völlig verschwunden ist.

Ich breche hier ab, ohne auf die übrigen Angaben des Autors einzugehen, welche in wenigen Zeilen noch eine Fülle von Fehlern enthalten, wie ich auf Verlangen jeder Zeit nachweisen kann, da ich seine Versuche mit Chromsäure, den Metallsalzen und mit Alkohol wiederholte. Wie wenig Grund gerade Hr. Mecznikow hatte, meinen Angaben über das Verhalten der contractilen Substanzen bei den Infusorien entgegenzutreten, erhellt zur Genüge aus dem Mitgetheilten, das, wie Sie durch den Vergleich mit meiner früheren Untersuchung bestätigen werden, alle Differenzen zu erledigen vermag.

Ueber die zu Echinococcus hominis gehörige Tänie.

Von

Dr. B. Naunyn.

Hierzu Fig. 1—4. der Taf. X. B.

Seitdem durch v. Siebold[1]) nachgewiesen war, dass die Scoleces des Echinococcus veterinorum sich in dem Darm des Hundes zu eigenthümlichen kleinen Tänien, welche er *Taenia echinococcus* nannte, zu entwickeln fähig sind, war der Weg zur Entscheidung des lang geführten Streites über die Species-Identität der Echinococcen bei den verschiedenen Thieren angebahnt. Es gelang dann auch anderen Forschern, namentlich Küchenmeister[2]), van Beneden[3]) und neuerdings Leuckart[4]), aus Echinococcen-Scoleces von Thieren verschiedener Species, dem Schafe, Schweine und Rinde, ein und dieselbe jene von v. Siebold beschriebene Tänie zu erziehen.

Für die Echinococcen des Menschen sind ähnliche Versuche bereits mehrfach aber stets mit negativem Erfolge angestellt. So von Küchenmeister[5]) und Levison[6]).

1) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie, Jahrg. 1853.

2) Die an und im lebenden Menschen vorkommenden Parasiten. Leipzig 1855.

3) L'institut. 1857.

4) Die menschlichen Parasiten. Leipz. u. Heidelberg 1862.

5) L. c. Küchenmeister giebt nicht an, dass er sich davo überzeugt, ob die abgegangenen Blasen „lebende" Scoleces enthalten. Derselbe erwähnt hier einen ebenfalls ohne Erfolg von Zenker angestellten Versuch.

6) Disquisitiones nonnullae de echinococcis diss. inaug. Gryphiae

Durch die Güte des Herrn Geh. Rath Frerichs, welcher diesen Gegenstand mit grossem Interesse verfolgte, wurde mir im Februar dieses Jahres Aufforderung und Gelegenheit zur Wiederholung dieser Versuche. Auf der unter Frerichs' Leitung stehenden medicinischen Universitätsklinik hierselbst wurde am 17. Febr. a. c. eine grosse, für Echinococcus hepatis angesehene Geschwulst der Lebergegend punctirt. Es musste die Punction aus Rücksicht gegen die Patientin mit dem Probetroikart vollzogen und konnte nur ein geringer Theil pp. 300 bis 400 Cc. der im Sacke enthaltenen, vollkommen klaren, leicht gelblich gefärbten Flüssigkeit entleert werden. In derselben schwammen in geringer Menge zum Theil noch wohl erhaltene Brutcapseln, von sich munter bewegenden Scoleces erfüllt.

Die Kranke starb nicht lange darauf am Typhus abdom., und bei der Obduction ergab sich ausser dem für diesen charakteristischen Befund, dass der linke Leberlappen fast vollständig atrophisch war. Seine Stelle war von einem grossen, ca. 7 Zoll im Durchmesser zeigenden, mit blutiger Flüssigkeit erfüllten Echinococcus-Sacke eingenommen. Die Cuticula der Mutterblase war, in ihrer Continuität erhalten, stellenweise 3 Linien dick. In der Flüssigknit fanden sich mehrere wohl erhaltene Tochterblasen. Es lag also hier ein Exemplar von *Echinococcus altriciparіens* Küch. vor.

Die durch die Punction von der Lebenden erhaltene Flüssigkeit, in welcher nach ungefährer Schätzung einige Hundert Scoleces enthalten sein mochten, wurde in zwei ungleiche Theile getheilt und zweien, zu diesem Zwecke seit mehreren Tagen bereit gehaltenen Hunden unter Beobachtung der nöthigen Cautelen eingegeben. Nach der Fütterung wurden dieselben in einen Käfig eingesperrt und, wie auch seit 5 Tagen vorher, nur mit gekochten Nahrungsmitteln gefüttert. Der eine der beiden Hunde, welcher den beträchtlich kleineren Theil der zu Gebote stehenden Scoleces erhalten hatte und welcher

---

1857. Levison stellte seine Versuche mit Scoleces an, welche er bei der Obduction aus dem Cadaver entnahm; er giebt ebenfalls nicht an, dass die selben noch deutliche Lebenszeichen von sich gegeben hätten.

sich in der Zeit nach der Fütterung weniger munter zu befinden schien, wurde am 28sten Tage nach derselben getödtet. Der Darm war von Eingeweidewürmern jeder Art vollkommen frei. Leber, Lungen, Nieren zeigten Nichts abnormes. Der zweite Hund wurde am 35sten Tage nach stattgehabter Fütterung getödtet. Länger durfte nicht gezögert werden, da, wie bekannt, die *Taenia echinococcus* um diese Zeit zur Geschlechtsreife gelangt und bald nach dem Eintritt derselben die Auswanderung derselben zu befürchten war[1]).

Lunge, Leber und Nieren des Hundes zeigten Nichts abnormes. Im Darme fanden sich, durch die obere Hälfte desselben vom Pylorus an zerstreut, vereinzelt zwischen den Zotten sitzend, kleine, 1—1½ Linien lange, lebende, Tänien, der bekannten *Taenia echinococcus* aufs Genaueste gleichend. Dieselben zeigten 4 Glieder[2]). Im dritten Gliede waren Penis, Cirrusbeutel und Vulva zu erkennen, im vierten waren die Geschlechtstheile vollkommen entwickelt und ganz so beschaffen, wie sie Leuckart[3]) von *Taenia echinococcus* nach stattgehabter Befruchtung beschreibt. Der Cirrusbeutel mit dem Penis und dem knäuelförmig aufgewundenen Vas deferens, die Vagina mit der von Leuckart beschriebenen eigenthümlichen Erweiterung, das Receptaculum waren deutlich zu erkennen; Hoden, Dottersack und Eierstock wurden nicht deutlich wahrgenommen; dagegen war der Uterus mit Eiern strotzend erfüllt. Dieselben zeigten noch keine feste Schale. Embryonal-Häkchen waren nicht zu unterscheiden. Sie schienen sich in den verschiedenen Stadien der Furchung zu befinden.

Der Kopf zeigte 4 Saugnäpfe, zwischen denselben ein bauchiges Rostellum und an der Wurzel dieses 36—44 Haken, in zwei Reihen geordnet. Vor dem Rostellum fanden sich die

---

1) v. Siebold fand am 53sten Tage nach der Fütterung schon keine Tänien mehr. L. c.

2) Nach der Zählungsweise v. Siebold's, der Kopf und erstes Glied, welche nur durch eine leichte Einschnürung geschieden sind, als ein Glied auffasst, zählte auch die vorliegende Tänie nur drei Glieder. Cfr. v. Siebold l. c. Fig. 3—6.

3) L. c. S. 339 ff.

von v. Siebold erwähnten eigenthümlichen dunkeln Flecke. Die Haken haben (vergl. beifolgende Figur) genau die Form, welche die der *Taenia echinococcus* in der 5.—6sten Woche ihres Alters zeigen. Im Vergleiche mit den der Scoleces sind sie bereits beträchtlich massiver und plumper. Der Verlauf der vier Gefässstämme war genau derselbe, wie ihn v. Siebold vor Jahren beschrieb. Da also diese Tänien in allen bekannten Merkmalen mit der *Taenia echinococcus* v. Sieb. übereinstimmen, so müssen sie als identisch mit derselben angesehen werden.

Dass nun diese Tänien von den sechs Wochen früher dem Hunde eingegebenen Scoleces aus dem menschlichen *Echinococcus* abstammen, ist in hohem Grade wahrscheinlich.

Abgesehen davon, dass *Taenia echinococcus* bei unseren Stadthunden eine grosse Seltenheit ist (mir gelang es, obgleich ich gegen 20 Hunde darauf sorgfältig untersuchte nie, dieselbe zu finden), so ist das Resultat hier ein verhältnissmässig sicheres, da wir aus den Angaben der verschiedenen Forscher über die Zeit, in welcher der in den Darm des Hundes übergeführte Echinococcen-Scolex die geschlechtliche Reife erreicht, das Alter der vorliegenden Tänie mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen können.

v. Siebold fand in einem Falle bereits 4 Wochen nach geschehener Fütterung reife Embryonen in der erhaltenen Tänie. Küchenmeister fand solche erst in der 8ten, Leuckart nie vor der 7ten Woche. Ich selbst habe bei früher mehrfach vorgenommenen Fütterungen nie vor Ende der 6ten Woche reife Embryonen in der erhaltenen Tänie gesehen. Nach 5 Wochen fand ich die Tänien im vierten Gliede bereits geschlechtsreif, meist auch schon in demselben in der Entwickelung begriffene Eier. Das Alter der vorliegenden Tänie, welche noch in den ersten Stadien der Embryonalbildung befindliche Eier enthielt, wird also jedenfalls nicht höher als auf 6 Wochen zu veranschlagen sein. Der betreffende Hund war seit 41 Tagen im Gewahrsam gehalten und mit gekochten Speisen gefüttert worden, es kann also in dieser Zeit eine Selbstinfection nicht stattgefunden haben. Von einer solchen vor dieser Zeit kann

nach den obigen Daten die gefundene Tänie kaum herrühren. Es ist daher die Annahme, dass diese Tänie von den am 17. Februar eingeführten Scoleces des menschlichen *Echinococcus* stamme und dass also der *Echinococcus* des Menschen (vorliegender Versuch bezieht sich besonders auf *Echinococcus altricipariens* Küch.), ebenso wie der der Thiere, der Blasenwurmzustand der im Darm des Hundes lebenden *Taenia echinococcus* sei, in hohem Grade wahrscheinlich. Es ist demnach nicht statthaft, weder den *Echinococcus hominis* als solchen, noch den *Echinococcus altricip.* Küch. als besondere Species hinzustellen.

In den erhaltenen Tänien fanden sich leider reife Embryonen nicht vor, sonst hätte durch Verfütterung derselben an eines der Hausthiere, in welchen Echinococcen häufig sind, die Identität der gefundenen Tänie mit der *Taenia echinococcus* v. Siebold's vielleicht mit grösserer Sicherheit, als sie der mikroskopisch-anatomische Vergleich gewährt, erwiesen werden können.

Die bei der nicht ganz selten sich findenden Gelegenheit bald zu erwartende Wiederholung dieser Versuche wird hoffentlich die gewisse Entscheidung der vorliegenden Frage bringen.

Fig. 1—4. stellen Haken der betreffenden Tänie dar.
Fig. 1—2. Haken der ersten,
Fig. 3. u. 4. solche der zweiten Reihe.

Ueber Bestandtheile der Echinococcus-Flüssigkeiten.

Von

Dr. B. Naunyn.

Durch die Güte des Herrn Geh. Raths Frerichs, welcher mir die Benutzung des chemischen Laboratoriums der hiesigen medicinischen Universitäts-Klinik gestattete, wurde ich in den Stand gesetzt, Echinococcen-Flüssigkeit aus Lunge und Leber des Schafes einer chemischen Untersuchung zu unterwerfen.

Die Flüssigkeit wurde aus dem betreffenden Organ möglichst bald nach dem Schlachten vollkommen frisch entnommen. Sie stellte eine farblose oder ganz schwach gelblich gefärbte opalescirende Flüssigkeit von neutraler oder schwach saurer Reaction und einem specifischen Gewicht von 1010 bis 1013 dar.

Die erhaltene Flüssigkeit wurde jedesmal sogleich filtrirt, auf Eiweiss und mittelst der Trommer'schen Probe auf Zukker untersucht. Beim Kochen trübte sie sich in den meisten Fällen nur wenig und erst nach vorhergängigem Zusatze von Essigsäure in nicht ganz geringer Quantität, zu der oft auch vorher schon sauern Flüssigkeit, fiel in der Hitze ein ziemlich beträchtlich flockiges Coagulum. Auf Alkohol-Zusatz fiel ein ähnliches Coagulum schon in der Kälte, dasselbe verhielt sich in seinen Lösungsverhältnissen wie Eiweiss. Durch längeres Kochen mit Schwefelsäure liess sich aus demselben Leucin und Tyrosin in reichlicher Menge darstellen. In dieser Hinsicht verhielt sich die Flüssigkeit aus Leber- und aus Lungen-Echi-

nococcen des Schafes sowie die aus einem menschlichen Leberechinococcen vollkommen gleich.

Vermittelst der Trommer'schen Probe gelang es nur selten, und zwar nur in Flüssigkeiten, welche aus Leberechinococcen stammten, eine deutliche Reduction des CuO zu erhalten. Dagegen entstand in vielen Fällen nach Hinzusetzen des Kali eine tief blau gefärbte Lösung, ohne dass nachfolgende Reduction eintrat.

Nach Anstellung dieser Proben wurde die Flüssigkeit, aus Lungen- wie aus Leber-Echinococcen, mit ungefähr dem gleichen Volumen Alkohol in einem grösseren Gefässe aufgestellt, bis eine grössere Quantität pp. 1000 Cc. von jeder Art gesammelt war. Dann wurde die Flüssigkeit von dem durch den Alkoholzusatz entstandenen Niederschlage abfiltrirt, zur Trockne abgedampft, mit Spir. vin. rectificatiss. gekocht. Das erhaltene Extract wurde zur dicken Syrupsconsistenz eingeengt, mit Salzsäure in reichlicher Menge versetzt und mit alkoholhaltigem Aether wiederholt geschüttelt. Nach dem Absetzen wurde die oberste ätherhaltige Schicht vorsichtig abgehoben und der Aether verjagt. Es schieden sich auf Wasserzusatz Fetttropfen und kleine mikroskopische Schüppchen ab. Dieselben gaben durchaus keine Reaction mit Eisenchlorid und mussten wahrscheinlicher Weise als Fettsäuren angesehen werden.. Zu weiteren Untersuchungen war die Menge der erhaltenen Substanz zu gering. Der Rückstand vom Aetherauszuge wurde von dem in reichlicher Menge ausgeschiedenen Kochsalz vorsichtig abgegossen, bis zum vollständigen Verschwinden des Alkoholgeruches gelinde erwärmt.

Der entstandene stark sauere Syrup wurde mit Wasser verdünnt. Zunächst wurde durch Pb. acet. die vorhandene Schwefelsäure und ein grosser Theil der vorhandenen Salzsäure gefällt. Der entstandene Niederschlag wurde, durch Filtriren gut ausgewaschen, entfernt. Das Filtrat wurde mit basisch essigsaurem Bleioxyd versetzt. Es entstand ein voluminöser krümeliger Niederschlag.

Derselbe wurde auf dem Filter gesammelt und sorgfältig ausgewaschen, in Wasser suspendirt und durch Schwefelwas-

serstoff zerlegt. Die kaum gelblich gefärbte Flüssigkeit wurde, von dem entstandenen Schwefelbleiniederschlage abfiltrirt, zur dicken Syrupsconsistenz eingedampft. Auf dem Boden des Gefässes schieden sich makroskopisch leicht zu erkennende Drusen aus, welche sich unter dem Mikroskop betrachtet als aus rhombischen Tafeln von der Form des Inosits zusammengesetzt erwiesen. Sie wurden in wenig Wasser gelöst. Die Flüssigkeit wurde erwärmt; nachdem sie durch Filtriren von den beim Abdampfen entstandenen huminartigen Substanzen befreit war, mit Blutkohle geschüttelt und nochmals filtrirt. Die erhaltene fast farblose Flüssigkeit wurde auf ein geringes Volumen eingeengt, mit etwa dem doppelten Volumen absoluten Alkohols versetzt. Es entstand sogleich eine Trübung, die beim Umschütteln zum Theil wieder verschwand; nach einiger Zeit hatten sich an der Wand des Reagensglases Krystalle von bis $^3/_4$ Linie Länge ausgeschieden. Unter dem Mikroskop zeigten dieselben deutlich die Form der Inositskrystalle. Sie verbrannten ohne Rückstand, lösten sich in Wasser sehr leicht auf, gaben einen süsslich kratzenden Geschmack, hielten CuO in Lösung und zeigten in unzweifelhafter Weise die Scherer'sche Inositreaction.

Das Filtrat vom Niederschlage mit basisch essigsaurem Bleioxyd wurde, durch Schwefelwasserstoff vom Blei befreit, zur Syrupsconsistenz eingeengt. Es schieden sich Kugeln aus, welche die Form des Leucins zeigten.

Der stark hygroskopische Syrup wurde nun zur vollkommenen Trockene abgedampft mit starkem Alkohol aufgenommen und in der Kälte mit verdünnter Schwefelsäure vorsichtig und nur so lange, als noch ein Niederschlag erschien, versetzt. Die Flüssigkeit wurde von den so gefällten Schwefelsäure-Verbindungen abfiltrirt und beträchtlich eingeengt. Es schieden sich deutliche Leucinkugeln in bedeutender Menge aus.

Der Rückstand vom ersten Alkohol-Extract wurde mit Wasser aufgenommen, die entstandene Lösung, durch Filtriren von den unlöslichen Bestandtheilen getrennt, zur dicken Syrupsconsistenz eingeengt, mit Salzsäure im Ueberschuss versetzt und sofort mit alkoholhaltigem Aether geschüttelt. Nach dem Absetzen wurde die oberste ätherhaltige Schicht vorsichtig ab-

gehoben. Nach dem Verjagen des Aethers und Tropfen Wasser schieden sich beim Erkalten grosse braungefärbte Kugeln aus. Beim Pres Mikroskop zerklüfteten dieselben in unregelmässi che eine eigenthümliche feine, parallele Streifung Erwärmen mit mehr Wasser lösten sich die en geln allmälig auf.

Die Lösung wurde filtrirt, mit Blutkohle gere sam eingeengt. Es schieden sich vollkommen fa aus, welche theils Bruchstücke von Rhomben s jene eigenthümlich unregelmässigen Formen mit fung zeigten, wie sie Lehmann als charakteris steinsäure abbildet. Dieselben hinterliessen auf verbrannt keinen Rückstand, sie sublimirten kr ter Entwickelung eines eigenthümlich stechenden neutrale Lösung gab mit neutralem Eisenchlorid nösen hellgelben Niederschlag.

Es darf dieser Körper wohl als identisch Heintz [1]) und Bödeker [2]) in der Flüssigkeit chen Leberechinococcen nachgewiesenen und als angesehenen betrachtet werden. Zu einer El reichte im vorliegenden Falle die Menge der vor stanz nicht aus.

Die Untersuchung von ungefähr 1000 Cc. H Lungenechinococcen ergab genau dasselbe Resulta aus derselben auf die angegebene Weise in rei dargestellt und durch die Scherer'sche Reacti statirt. Auch Leucin fand sich in nicht unbeträch

Im Alkohol-Extract wurde ebenfalls eine der gleichende Substanz nicht gefunden, dagegen wa den in Alkohol unlöslichen Bestandtheilen in de Weise dargestellt.

In Flüssigkeiten aus Echinococcen des Schaf sit noch mehrfach dargestellt; derselbe scheint

---

1) Poggendorff, Annalen Bd. 80.

2) Zeitschr. f. rationelle Medicin. Neue Folge Bd.

Bestandtheil derselben zu sein. Dagegen gelang es nicht, denselben in pp. 200 Cc. Flüssigkeit aus einem menschlichen Leberechinococcus nachzuweisen. Auch die Erfahrungen der zahlreichen Forscher, welche Flüssigkeiten aus menschlichen Echinococcen untersuchten, namentlich die von Bödeker[1]), stimmen hiermit überein. Indessen können erst fortgesetzte Untersuchungen zur Entscheidung darüber führen, ob diese Substanz ein integrirender Bestandtheil der Echinococcen-Flüssigkeit sei oder nicht.

Die Bernsteinsäure war in den vorliegenden Fällen als bernsteinsaurer Kalk in der Flüssigkeit enthalten. Die Unlöslichkeit der vorhandenen Verbindung in Alkohol erweist dies zur Genüge. Die Thatsache, dass sich diese Verbindung in gleicher Weise in Leber- wie in Lungenechinococcen findet, scheint nicht für die Annahme Bödeker's, „es bilde sich die Bernsteinsäure im vorliegenden Falle aus Gallensäuren", zu sprechen.

Die obigen Beobachtungen zeigen ferner, dass die häufig gemachten Angaben, die Echinococcen-Flüssigkeit enthalte kein Eiweiss, mindestens für viele Fälle nicht richtig sind, da vielmehr in fast allen Fällen, in Flüssigkeit sowohl vom Thiere als vom Menschen, dasselbe in nicht unerheblicher Quantität nachgewiesen werden konnte.

1) Bödeker stellt die Bernsteinsäure aus der Echinococcen-Flüssigkeit durch Fällung mit basisch essigsaurem Bleioxyd dar. Es ist anzunehmen, dass, falls Inosit in der untersuchten Flüssigkeit vorhanden gewesen wäre, ihm derselbe bei dieser Untersuchungsweise nicht hätte entgehen können.

Untersuchung über die chemischen Bedingungen der Ermüdung des Muskels.

Von

Dr. Johannes Ranke,
Privatdocent für Physiologie in München.

C. Ludwig formulirt die in der Wissenschaft bisher anerkannte Ansicht über den inneren Grund der Ermüdung des Muskels in folgendem Satz:

„Die Zusammenziehung ermüdet den Muskel darum, weil sie die chemische Beschaffenheit umgestaltet." (Lehrbuch der Physiologie des Menschen Bd. I. S. 446. 1858.)

Hat man Frösche durch einen energischen, lang andauernden Strychnintetanus vollkommen ermüdet, so dass sie auf Hautreize nicht mehr durch Reflextetanus oder nur eine einfache Reflexzuckung antworten, so gelingt es unter bestimmten Umständen, ihnen die verlorene Erregbarkeit wieder zu ertheilen, und zwar dadurch, dass man ihnen, — wie dies bei dem Abschneiden des Kopfes geschehen muss, — das Blut aus dem Körper möglichst vollständig austreten lässt.

Das Phänomen tritt manchmal mit ausserordentlicher Deutlichkeit hervor; unter Umständen, die sogleich dargelegt werden sollen, bleibt es jedoch auch fast vollkommen aus oder schwindet wenigstens zur Unscheinbarkeit zusammen.

Es war zuerst zu constatiren, dass das Abschneiden des Kopfes keinen Einfluss auf das in Rede stehende Phänomen ausübe. Lässt man das Blut aus dem Herzen direct auspum-

pen, nachdem der Frosch reactionslos geworden ist, so kehren wie im anderen Falle die Reflexkrämpfe zurück. Doch wird die Erscheinung hiebei durch den Umstand beeinträchtigt, dass, wenn der für die Beobachtung erforderliche Zustand der Ermüdung eingetreten ist, auch das Herz nur sehr schwach noch schlägt, so dass also nur ein verhältnissmässig kleiner Theil der gesammten Blutmenge auf diese Weise aus dem Organismus entfernt werden kann. Doch war bei allen von mir angestellten Versuchen der angegebene Effect wahrnehmbar.

Ich bemühte mich, das Resultat mit grösserer Genauigkeit hervorbringen zu lernen. Es gelang mit folgender Methode:

Ich sah von der Ermüdung der Muskeln durch Strychnintetanus vollkommen ab und benutzte zu dem vorliegenden Zweck den Tetanus durch den Inductionsapparat. Der Frosch wurde dazu auf einem gut lackirten Brettchen so befestigt, dass die Arme oben durch Kautschukbänder gehalten waren; ebenso waren auch die Füsse durch Kautschukbänder an einen blanken Zinkblechstreifen, der als Elektrode diente, und an welchem zu diesem Zwecke ein umsponnener Kupferdraht angelöthet war, angedrückt. Der Frosch ist in dieser Stellung fest fixirt und konnte sich nicht aus der Lage, die ihm ertheilt wurde, befreien. Er wurde stets mit dem Bauch nach oben befestigt.

Die zweite Elektrode bestand in einem passend gekrümmten Kupferhaken, der durch das Maul eingestochen wurde. Ein Draht führte von dieser Elektrode wie von der erstbeschriebenen zu einem Schlüssel zum Tetanisiren. Von hier aus waren sie mit der secundären Spirale eines du Bois-Reymond-schen Schlittenapparates verbunden. Die primäre Rolle stand mit einem kleinen Daniell'schen Elemente in Verbindung, doch so, dass der Strom des Elementes bald unterbrochen, bald geschlossen wurde durch ein Uhrwerk, dessen Zeiger durch Quecksilber ging. Bei dem Eintauchen des Zeigers in die Quecksilberrinne wurde der Strom geschlossen und auf diese Weise bei geöffnetem Schlüssel Tetanus hervorgerufen, welcher mit dem Spiel des Inductionsapparates wieder verschwand, wenn der Zeiger das Quecksilber wieder verliess. Auf diese

Weise wurde durch das Spiel des Apparates in je einer Minute viermal Tetanus und viermal Ruhe in gleichen Zeiten hervorgebracht. Die secundäre Spirale wurde anfänglich so gestellt, dass sie eben einen energischen Tetanus hervorbrachte. Wurden die Ströme zu schwach, so wurde die Rolle mehr und mehr aufgeschoben, bis endlich nach ein und einer halben oder auch manchmal zwei und einer halben Stunde die Erregbarkeit vollkommen erschöpft war.

Der Apparat spielte fort, das Herz des Thieres wurde blosgelegt und durch einen Schnitt in den Bulbus aortae das Blut zum Austreten gebracht. Dieselben Ströme, die vorher vollkommen erfolglos waren, brachten nun wieder, wenn auch schwache, Zuckungen hervor.

Um den Erfolg zu verstärken, wurde eine Spritze in die Aorta eingebunden und, nachdem eine Gegenöffnung an der Herzkammer gemacht war, eine Kochsalzlösung von 0,5 pCt. eingespritzt und alles Blut aus dem Organismus entfernt. Hiernach ist das Resultat sehr deutlich und es versagte mir niemals. Die Erregbarkeit hält nach der Entfernung des Blutes manchmal eine längere Zeit, bis zu einer halben Stunde, wieder an. Ist sie wieder verschwunden, so kann noch mehrmals, freilich mit stets sinkendem Erfolge, der Einspritzungsversuch wiederholt werden.

Die halbprocentige Kochsalzlösung wurde als eine dem Muskel fast vollkommen unschädliche Flüssigkeit, in welcher ausgeschnittene Muskeln Tage lang ihre Erregbarkeit unverändert erhalten können, angewendet.

Die eben mitgetheilten Versuche zeigen, dass durch das Austreten des Blutes und noch mehr durch das Auswaschen desselben Verhältnisse gesetzt werden, unter welchen der ermüdete Muskel seine Reactionsfähigkeit wieder erlangt. —

Man könnte daran denken, dass das Blut als solches bis zu einem gewissen Grade ein Hinderungsmittel der Zusammenziehung des Muskels sei, d. h. dass von zwei Schenkeln von gleicher Erregbarkeit und Kraft, von gleicher Constitution, der eine, aus welchem man vollkommen das Blut entfernt hat,

länger erregbar und zuckungsfähig bleibe als der andere, dem man seine normale Blutmenge gelassen.

Schon von vorne herein scheint diese Ansicht paradox und der Versuch ergiebt, wie sich voraussehen liess, das gegentheilige Resultat: der bluthaltige Schenkel ist weitaus länger zuckungsfähig als der blutleere.

Der Versuch wurde auf folgende Weise angestellt: Bei einem kräftigen Frosche wurde an dem einen Beine ein Faden so um das Knie gelegt und festzusammengezogen, dass der Wadenmuskel an seiner Ansatzstelle nicht verletzt oder gezerrt werden konnte. Ueber dem Unterbande wurde der Unterschenkel, der auf diese Weise eine normale Menge von Blut in seinen Muskeln zurückbehalten musste, abgeschnitten, der Rest des Oberschenkelknochens von Muskeln frei präparirt. Ganz auf gleiche Weise, nur ohne zu unterbinden, wurde der andere Unterschenkel abgeschnitten, nachdem der Frosch verblutet war, und genau wie der erste präparirt.

Die beiden Unterschenkel wurden tetanisirt, ebenfalls mit dem Uhrwerke, welches auch hier viermal in der Secunde Tetanus hervorbrachte. Die Schenkel waren, um die Ströme, die zur Reizung dienen sollten, vollkommen gleich zu machen, in denselben Stromkreis eingeschaltet. Zwei Kupferstacheln, welche in die Oberschenkelknochen gestossen waren, wurden durch einen Metallbogen verknüpft, an welchem der Leitungsdraht ansass, der durch den Schlüssel zur secundären Spirale führte. Die Füsse der beiden Präparate tauchten gleichzeitig in dasselbe Quecksilbergefäss, welches ebenfalls mit dem Schlüssel und der secundären Rolle in Verbindung stand. Auf diese Weise war Zeit, Stärke und Dauer des Reizes für beide Präparate möglichst gleich gemacht.

Stets blieb der blutreiche Schenkel länger erregbar als der blutleere, zum Beweise dafür, dass das Blut als solches keine hemmende Einwirkung auf die Muskelaction ausübe.

Der Versuch gelingt auch an Strychninfröschen, an denen die Art. iliaca der einen Seite unterbunden und das Bein so

blutleer gemacht ist. Stets ist das blutleere Bein das schwächer zuckende.

Bei den in erstangegebener Weise angestellten Versuchen zuckte der blutreiche Unterschenkel in manchen Fällen noch über eine Stunde fort, nachdem der blutleere schon aufgehört hatte, auf elektrischen Reiz zu reagiren.

Nachdem es festgestellt war, dass wir in der besprochenen Erscheinung der Wiederkehr der Zuckungen, bei durch Tetanus vollkommen ermüdeten Fröschen durch das Entfernen des in dem Organismus enthaltenen Blutes nicht an eine specifische Wirkung des Blutes auf den Muskel zu denken hätten, lag der Gedanke nahe, ob nicht das Austreten des Blutes, wie das Auswaschen desselben eine begleitende Nebenwirkung besässen, welche der in Frage stehenden Erscheinung zu Grunde läge. Die Ansicht drängte sich sogleich auf, dass das Blut und die eingespritzte Salzlösung bei ihrem Durchströmen durch den Muskel, ganz analog der normalen Circulation des Blutes, aus dem Muskelgewebe wenigstens einen Theil der durch den Tetanus gebildeten Zersetzungsproducte auswasche und dadurch den Muskel, der durch die Aenderung seiner chemischen Beschaffenheit ermüdet war, wieder in einen Zustand versetze, welcher es ihm erlaube, auf Reize, die vorher schon vollkommen unwirksam geworden waren, nun wieder mit Zuckungen zu antworten. Mit anderen Worten lässt sich diese Hypothese folgendermassen formuliren:

Der Muskel häuft im Tetanus Zersetzungsproducte seiner Substanz in sich auf (namentlich Fleischmilchsäure). Diese Zersetzungsproducte hindern durch ihr mechanisches Vorhandensein den Muskel an der Ausübung seiner Function. Werden diese Zersetzungsproducte durch die normale Blutcirculation oder durch die künstlich wiederhergestellte — das Ausfliessenlassen des Blutes aus dem Organismus — oder durch directes Auswaschen der Muskeln durch eine indifferente Flüssigkeit — 0,5 pCt. Kochsalzlösung — aus dem Muskel entfernt, so tritt für ihn die Fähigkeit, sich auf Reize zu contrahiren, wieder ein, der ermüdete Muskel erholt sich wieder.

Diese Hypothese erklärt nicht alle Erscheinungen der Er-

holung nach Ermüdung, wir werden in der Folge sehen, dass dabei noch andere Momente in Frage kommen.

Es schien nicht schwer, diese eben aufgestellte Hypothese experimentell zu prüfen. Auf die gleiche Weise, in der es gelang, ermüdete Muskeln durch Auswaschen der Zersetzungsproducte wieder reactionsfähig zu machen, musste es möglich sein, frische, leistungsfähige Muskeln zu ermüden durch das Einspritzen derselben Zersetzungsstoffe, wie sie im Tetanus im Muskel gebildet werden.

Zu diesem Zwecke bot sich eine bei 45° C. bereitete Fleischbrühe aus Froschmuskeln, welche alle die fraglichen Zersetzungsproducte enthält, als das einfachste Mittel dar. Es wurden je sechs Frösche geschlachtet und aus ihrem Schenkelfleische durch 15 Minuten langes Erwärmen auf die angegebene Temperatur mit der halbprocentigen Kochsalzlösung eine Brühe gewonnen, die filtrirt sich einspritzen liess. Das Fleisch war vor dem Erwärmen fein zerschnitten, so dass man die grösste Menge der Zersetzungsproducte bei dem Erwärmen gewinnen musste.

Der Frosch wurde in der oben auseinandergesetzten Weise auf dem Brettè zum Tetanisiren befestigt und der Abstand der secundären von der primären Rolle bestimmt, bei welcher die erste Zuckung des Gastroknemius erfolgte. Dann wurde das Herz angeschnitten, dadurch die Hauptmasse des Blutes entfernt und wieder der oben angegebene Rollenabstand abgelesen. Nun wurde die Spritze in eine Aorta eingebunden und nach Anlegung einer Gegenöffnung am Herzen zuerst halbprocentige Kochsalzlösung eingespritzt und alles Blut aus dem Organismus herausgewaschen, wozu 25 Cc. Flüssigkeit genügen, und der Rollenabstand von neuem abgelesen. Jetzt erst, nachdem eine etwaige directe Einwirkung der Salzlösung ausgeschlossen war, wurde die mit den Stoffen der Fleischbrühe beladene Salzlösung eingespritzt. Der gehoffte Erfolg blieb aus.

Anstatt, dass der Punct der ersten Zuckung nach der Seite der stärkeren Ströme verlegt worden wäre, wurde die Erregbarkeit der Frösche durch die Einspritzung für eine dauernde Zeit erhöht; die secundäre Spirale musste um eine nicht un-

bedeutende Strecke von der primären Rolle entfernt werden, um den Anfangspunct der Zuckung zu erreichen, nachdem die Fleischbrühe eingespritzt war.

Dabei war es auffällig, dass das Herz fast momentan seine Arbeit einstellte, wenn es mit der Fleischflüssigkeit in Berührung kam. Wurde die eingespritzte Fleischbrühe wieder durch neu eingebrachte Kochsalzlösung verdrängt, so sank oder stieg je nach den Verhältnissen die Erregbarkeit wieder auf das anfängliche Mass und das Herz begann sogleich seine Thätigkeit in normaler Weise.

Ein Beispiel mag genügen, die beobachteten Verhältnisse anschaulich zu machen. Die Zuckungen wurden durch den Schlüssel hervorgebracht.

Tabelle I.

Erhöhung der Erregbarkeit durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit.

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand der Thiere.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm.	Zustand des Herzens.
10 hor. 50′	1.	Herz blosgelegt.	150	Herzschlag normal.
54′	2.	Blutleere.	152	
	3.	Es wurde in zwei Abschnitten Salzwasser eingespritzt.	155	„
	4.		154	„
11 hor. 3′	5.		155	„
4—8′	6.	Fleischbrühe-Einspritzung in 4 Abschnitten.	166!	Das Herz macht sehr matte und langsame Bewegungen.
	7.		175!	
	8.		174	
9′	9.		173	
10′	10.		170	
11′	11.		166	
12′	12.		163	

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand der Thiere.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm.	Zustand des Herzens.
12 hor. 13′	13.		160	
14′	14.		160	
15′	15.		157	
16′	16.		156	
17′	17.	Der Frosch bewegte sich spontan.	155	
			156	Herz sehr matt, nur die Vorhöfe pulsiren noch.
18′	18.		155	
19′	19.		154	
20′	20.		154	
22′	21.		153	
28′	22.		153	
31′	23.		152	Herz schlägt nicht mehr.
33′	24.		150	
35′	25.		149	
35–39′	26.	Salzwasser eingespritzt, in zwei Abschnitten.		
			155!	Das Herz schlägt rasch und stark, — normal.
40′	27.		157!	
42′	28.		156	
45′	29.		156	

Die Salzwasser-Einspritzung in den frischen Frosch zeigte in allen von mir beobachteten Fällen keinen merklichen Einfluss auf seine Erregbarkeit. Das Steigen der Erregbarkeit durch die Einspritzung der Fleischflüssigkeit betrug in vorliegendem Falle 21 Mm. am Schlittenapparate. Aehnliche Werthe für die Steigerung ergaben sich in allen Fällen. Nach der Steigerung trat anfänglich rasch, später sehr langsam ein Absinken der Erregbarkeit ein und diese fiel nach einiger Zeit meist unter die anfängliche Grösse, aber nur sehr unbedeutend.

Eine Steigerung in der Erregbarkeit in dem eben gebrauchten Sinne des Wortes tritt auch nach spontanen Zuckungen des Thieres oder nach elektrischen Zuckungen ein.

Um die etwaige Betheiligung des Nervensystemes an dieser Erscheinung auszuschliessen, wurden Versuche an mit Curare vergifteten Thieren angestellt. Das Ergebniss der Versuche war insofern verschieden von dem eben mitgetheilten, als jetzt die anfängliche Steigerung der Erregbarkeit, zum Beweise, dass wir es hier mit einer Nebenwirkung auf die Nerven zu thun haben, nach dem Einspritzen der Fleischflüssigkeit entweder nur sehr gering ausfiel oder sogar gänzlich ausblieb. Auch hier sank die Erregbarkeit sehr langsam nach dem Einspritzen unter die anfänglich beobachtete Höhe. Es konnte durch Einspritzen von Salzwasser die Erregbarkeit nach dem Absinken wieder hergestellt werden.

Diese Beobachtung des verschwindenden Einflusses der Fleischflüssigkeits-Einspritzung auf die Erregbarkeit des Muskels wurde dadurch noch unerklärlicher, dass Muskeln, direct in die Fleischflüssigkeit gebracht, die bei dem Einspritzen in die Blutgefässe kaum eine Wirkung auf die Erregbarkeit hervorbrachte, darin ziemlich rasch abstarben. Folgender Versuch kann als Beleg dafür dienen.

Die Gastroknemien eines munteren Thieres wurden erst frisch auf ihre Erregbarkeit geprüpft in einem analogen Apparate, wie er bei der Vergleichung der Dauer der Erregbarkeit bei blutleeren und bluthaltigen Unterschenkeln gedient hatte. Die Kupferstacheln waren ebenfalls in die erhaltenen Stümpfe der Oberschenkelknochen gestossen. In die Achillessehne war je ein Kupferhaken gestossen, welche beide in das Quecksilbergefäss eintauchten. Die so auf ihre Erregbarkeit geprüften Muskeln wurden der eine in halbprocentige Kochsalzlösung, der andere in Fleischflüssigkeit gebracht und in Pausen auf ihre Erregbarkeit geprüft, nachdem sie sorgfältig mit Filtrirpapier von der anhaftenden Flüssigkeit befreit waren. Die übrigen Verhältnisse ergeben sich aus der Tabelle.

Tabelle II.

Erregbarkeit der Muskeln nach dem Liegen in Salzwasser und Fleischflüssigkeit.

Zeit.	Nummer der Prüfung.	Benennung des Muskels.	Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung in Mm.
11 hor. 11′	1.	Gastroknemius No. I.	200
		Gastroknemius No. II.	195
von 12′–27′ in den beiden Flüssigkeiten	2.	Gastroknemius No. I. = Fleischbrühmuskel	202
		Gastroknemius No. II. = Kochsalzmuskel	189
32′–47′	3.	Fleischbrühmuskel	201
		Kochsalzmuskel	189
11 hor. 55′– 12 hor. 10′	4.	Fleischbrühmuskel	200
		Kochsalzmuskel	190
14′–29′	5.	Fleischbrühmuskel	177
		Kochsalzmuskel	188
37′–52′	6.	Fleischbrühmuskel	170
		Kochsalzmuskel	188
12 hor. 55′– 2 hor. 37′	7.	Fleischbrühmuskel	65
		Kochsalzmuskel	185
2 hor. 42′– 4 hor. 25′	8.	Fleischbrühmuskel	15
		Kochsalzmuskel	152
4 hor. 30′– 6 hor. 30′	9.	Fleischbrühmuskel	105!
		Kochsalzmuskel	0!

Wir sehen, dass in einer Zeit, in welcher der Muskel in der Kochsalzlösung noch gut erregbar ist, der in der Fleischflüssigkeit befindliche seine Erregbarkeit vollkommen verloren hat.

Diese Beobachtung zusammengehalten mit der anderen, dass das Herz so entschieden dem Einflusse der Fleischflüssigkeit unterliegt in dem erwarteten Sinne, liessen den Gedanken fassen, dass in dem frischen, leistungsfähigen Organismus sich Bedingungen vorfinden, welche den Erfolg der künstlichen Ermüdung des Muskels durch Einspritzen der durch den Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte zu verhindern im Stande wären.

Dafür sprach auch der Umstand, dass die Muskeln, in welche man Fleischbrühe eingespritzt hatte, nach ihrem Ausschneiden aus dem Froschkörper nur eine sehr minimale sauere Reaction zeigten, obwohl die eingespritzte Fleischbrühe an sich lebhaft blaues Lackmuspapier röthete. Die in den Lymphräumen enthaltene Flüssigkeit reagirte dabei stets noch alkalisch. Es lag nahe, der die Säure neutralisirenden Lymphe den Mangel des erwarteten Erfolges zuzuschreiben. Es musste der Versuch gemacht werden, die Lymphe aus dem Versuch möglichst auszuschliessen.

Um die Lymphe aus der Concurrenz mit der eingespritzten Fleischflüssigkeit auszuschliessen, konnten mehrere Wege eingeschlagen werden. Entweder konnte man durch Einspritzen von halbprocentiger Salzlösung in die Lymphräume der Schenkel diese von Lymphe auswaschen, — oder man konnte durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit zugleich von aussen ansäuern. Das einfachste Verfahren zu dem angegebenen Zwecke ist, dem Frosche die Haut der unteren Extremitäten auszuziehen und diese letzteren mit der Kochsalzlösung abzuspülen. Alle drei Versuchsweisen gaben gleiche Resultate. In folgender Tabelle ist beispielsweise ein solcher Versuch ausführlich dargestellt.

Der Frosch wurde mit Curarelösung durch eine Rückenwunde vergiftet. Nachdem er vollkommen reactionslos geworden, wurde die linke Art. iliaca mit der Art. sacralis media unterbunden. Hierauf wurde die Haut der beiden unteren Extremitäten mit möglichster Vorsicht abgezogen, der Frosch sorgfältig in Kochsalzlösung gewaschen und mit ungeleimtem Papiere getrocknet, der Frosch sodann an dem Brette wie gewöhnlich befestigt. Alle anderen Angaben enthält die Tabelle.

Tabelle III.
Einspritzen von Fleischbrühe in die lymphfreien Extremitäten.

Zeit.	Nummer der Zuckungen.	Bezeichnung der Extremitäten.	Abstand der Rollen bei der ersten Zuckung, in Mm.
3 hor. 50′	1.	Linker Schenkel (die Arterien unterbunden) . .	104
		Rechter Schenkel . . . (Beide vor dem Einspritzen.)	107
55′	2.	Nach dem Einspritzen von Fleischflüssigkeit: links .	105
		rechts	95
57′	3.	links	105
		rechts	93
4 hor. 4′	4.	links	108
		rechts	87
15′	5.	links	108
		rechts (schwache fibrilläre Zuckung)	80
18′	6.	Neue Einspritzung von Fleischflüssigkeit: links .	117
		rechts	70
22′	7.	links	118
		rechts . . . . . (Fibrilläre Zuckung an den Oberschenkelmuskeln, der Gastroknemius zuckt nicht mehr.)	69
30′	8.	links	118
		rechts . . . . . (Nur noch der Rectus fem. zuckt.)	69
33′	9.	links	118
		rechts	65
50′	10.	links	110
		rechts . . . . . (Nur noch der Musc. rectus fem. contrahirt sich auf ganz starke Schläge, die übrigen Muskeln sind todt.)	0!!

Das Versuchsergebniss spricht für sich selbst. Während die (linke) Extremität, welche durch die Unterbindung der Arterien von der Einwirkung der eingespritzten Fleischflüssigkeit ausgeschlossen, ihre volle Erregbarkeit bewahrte, verlor die Extremität, welche unter der Einwirkung der Fleischflüssigkeit stand, rasch die Fähigkeit, sich auf Reize zu contrahiren, sie ermüdete.

Es stellte sich neben diesem Resultate noch das andere heraus, dass der mit Fleischbrühe ausgespritzte Muskel sich sehr viel schwächer zu contrahiren schien, als der gesunde, schon zu einer Zeit, in der die Erregbarkeit selbst sich noch wenig verändert zeigte. Es gehörte eine viel bedeutendere Annäherung der Rollen dazu, den Fleischbrühemuskel zu einem kräftigen Tetanus zu bringen, als der gesunde Muskel dazu erforderte. Es schien wünschenswerth, diese Beobachtung experimentell weiter zu prüfen.

Die Messung der von einem Muskel geleisteten Arbeit ist mit den grössten Schwierigkeiten verbunden. Ich begnügte mich in dem vorliegenden Falle damit, nur eine Function der Arbeitsleistung des Muskels vor und nach dem Einspritzen von Fleischflüssigkeit zu bestimmen. Ich benutzte dazu einen kleinen Apparat, der nur eine für meinen Zweck getroffene Abänderung des du Bois-Reymond'schen Muskeltelegraphen — Vorrichtungen und Versuchsweisen etc. S. 141 — darstellt.

Ein langer Zeiger, der in einem sehr leicht beweglichen Axenlager spielte, war senkrecht aufgestellt. Vier Linien über seinem Drehpuncte war an demselben durch einen in derselben Höhe über eine Glasrolle laufenden Faden ein Gewicht — 30 Grmms. — angebracht, welches den Zeiger, der in seiner Mitte an eine Hemmung anschlug, in der verticalen Stellung erhielt und einen entsprechenden Zug ausübte. Von derselben Stelle aus, an welcher das Gewicht befestigt war, ging wieder ein Faden, der an seinem Ende einen feinen Metallhaken trug, welcher dazu diente, in die Achillessehne des auf seine Kraft zu prüfenden Gastroknemius, die durch einen Hautschnitt aus dem sonst unverletzten Schenkel hervorgezogen wurde, eingestochen zu werden. Der Zeiger des Apparates spielte vor

einem in Grade und halbe Grade getheilten Quadranten, so dass die Bewegungen des Zeigers, die dieser auf einen Zug an dem letztbesprochenen Faden ausführte, in Graden abgelesen werden konnten. Das an dem Zeiger befestigte Gewicht zog bei einer vorausgegangenen Bewegung denselben an die Hemmung in der verticalen Richtung zurück. Um den Zug an dem Zeiger in einer Richtung, die mit der Stellung des Zeigers einen rechten Winkel bildete, ausüben zu können, war es nöthig, dem zu beobachtenden Frosche resp. dem Befestigungsbrette eine entsprechende Stellung zu geben, was durch passende Erhebungen und Senkungen desselben zu erreichen war. Um die Einwirkung der Elasticitätsveränderung des Muskels auszuschliessen, wurde ein jeder Einzelversuch unter der Vorsichtsmassregel angestellt, dass der Zeiger durch feines Verrücken des Apparates und dadurch erfolgtes Spannen des Zugfadens soweit von der schon erwähnten Hemmung abgehoben wurde, dass er gerade auf 0° einstand. Der Abstand zwischen der Hemmung und der Beobachtungsstellung betrug eine halbe Linie.

Alle übrigen Versuchsvorrichtungen blieben sich gleich. Der Frosch wurde wieder mit dem Rücken nach unten auf das Zuleitungsbrett befestigt, der eine Schenkel, an dem die Achillessehne blosgelegt war, so gedreht, dass der Gastroknemius nach aufwärts sah. Der Zughaken wurde in die Achillessehne eingestossen, das Zuleitungsbrett durch Verstellung in der Verticalen in die Lage gebracht, dass der Zugfaden senkrecht auf den Zeiger wirkte. Der Zugfaden wurde durch Verschieben des Apparates soweit gespannt, dass der Zeiger von der Hemmung abgehoben wurde und auf 0° stand.

Leitete man nun die erregenden Ströme dem Frosche zu, so mussten die Zuckungen des Gastroknemius den Zeiger abheben, seine Excursionen konnten an dem Gradbogen abgelesen werden. War die Zuckung vorüber, so sank der Zeiger in die Ruhelage zurück, durch ein leichtes Verschieben des Apparates konnte dem Zugfaden die anfängliche Spannung wieder ertheilt werden und ein neuer Versuch konnte beginnen.

Nach der Beschreibung der Versuchsvorrichtung werden ei-

nige Versuchsresultate, welche ich mittheilen werde, leicht verständlich sein. Das bisher eingehaltene Verfahren des Tetanisirens, Einspritzens etc. blieb vollkommen dem in den bisherigen Versuchen angewendeten Verfahren gleich.

Das Abziehen der Haut der unteren Extremitäten ist nicht nöthig. Die Versuche wurden wie die vorigen an Curare-Fröschen angestellt.

Zur Bereitung der Fleischflüssigkeit wurden je 6 Frösche für 25 Cc. verwendet.

Um sichere Resultate zu erzielen, muss die Einspritzung der Fleischflüssigkeit in Pausen stets in kleinen Mengen auf einmal vorgenommen werden; dann genügen 25 Cc. der Flüssigkeit, die anderen Falles nur sehr schwach wirksam sein können. Bei Beobachtung dieser Vorsichtsmassregel hatte ich stets das gewünschte Resultat. Folgende Tabelle möge als Beispiel dienen, wie sich die Versuche praktisch gestalteten.

Tabelle IV.

Fleischbrühe-Kraftversuch.

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
11 hor. 40′	40	Das Thier frisch, das Herz blosgelegt und die Spritze eingebunden	8,5°
45′	„	Erste Einspritzung von Fleischbrühe, das Herz schlägt nicht mehr . . .	7,0°
47′	„	—	7,0°
50′	„	Zweite Einspritzung von Fleischbrühe (das Einspritzen selbst bringt schwachen Tetanus hervor)	7,0°
51′	„	—	2,0°
52′	„	—	0°!!
60′	„	—	1°

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Untersuchungsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
63'	40	Einspritzung von halbprocentiger Kochsalzlösung, das Herz schlägt wieder . .	5,0°
64'	„	—	5,5°!
75'!	„	—	5,0°

Das Resultat ist sehr deutlich. Ein gut leistungsfähiger Muskel wird durch Einspritzen von Fleischflüssigkeit, der bei dem Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte, fast momentan vollkommen ermüdet; Auswaschen der eingespritzten ermüdenden Stoffe stellt seine Leistungsfähigkeit wieder her!

Der Rollenabstand muss so klein genommen werden, wie er in dem vorstehenden Versuch angewendet wurde, um etwaige kleine Schwankungen der Erregbarkeit des Muskels, wie sie natürlich in Folge des Versuchs eintreten, ausser Wirksamkeit zu setzen.

Auch bei diesen Versuchen zeigt sich das Phänomen der spontanen Erholung nach der Ermüdung in dem blutleeren Muskel unter Umständen. Die Fleischflüssigkeit muss dazu etwas weniger concentrirt sein. Auch hierbei erholt das Herz sich nur sehr selten und unvollständig. Am deutlichsten ist natürlich die Erholung bei Muskeln, denen man nur eine geringere Menge Fleischflüssigkeit eingespritzt hat und die dadurch ihre Leistungsfähigkeit nicht vollkommen eingebüsst haben. Ich theile auch ein solches Resultat beispielsweise mit. Die Versuchsbedingungen sind wie oben.

Tabelle V.

Spontane Erholung bei einem Fleischbrühe-Kraftversuch.

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1'	40	Frischer Curarefrosch, Herz blosgelegt und die Spritze eingebunden	7,5° – 8°
3'	„	Fleischflüssigkeit eingespritzt, fibrilläre Zuckungen und schwacher Tetanus in Folge der Einspritzung; Herz schlägt nicht mehr	4,0°
4'	„	—	3,0°!
5'	„	—	3,0°
8'	„	—	3,5°
10'	„	—	5,0°!
13'	„	—	5,0°
14'	„	Halbprocentige Kochsalzlösung eingespritzt; das Herz schlägt wieder . .	6,5°
22'	„	—	6,5°

Wir sehen, dass die ermüdende Einwirkung der Fleischflüssigkeit auch durch Bedingungen, die von der Circulation unabhängig sind und die sich nach der Entfernung des Blutes aus dem Organismus noch in demselben vorfinden, aufgehoben werden kann. Es wird unsere Aufgabe sein, diesen Vorgang der spontanen Erholung des Muskels im blutleeren Thiere noch näher zu untersuchen.

Ehe wir an diese Untersuchung herantreten, wird uns aber noch die Aufgabe zu erfüllen übrig bleiben, zu erforschen, welchen Antheil die verschiedenen, in der Fleischflüssigkeit enthaltenen Zersetzungsstoffe des Muskels an dem beobachteten Vorgang der Ermüdung besitzen.

Ich habe vorläufig nur die Milchsäure-Einspritzungen in ihrer Wirkung auf den Muskel einer näheren Prüfung unterworfen. Einige Versuche, die mit kohlensaurem Natron angestellt wurden, können kaum in diese Abtheilung der Untersuchung mit eingereiht werden.

Die Ergebnisse der Milchsäure-Einspritzungen in den leistungsfähigen Muskel stimmen vollkommen mit denen der Fleischflüssigkeits-Einspritzungen überein.

Auch hierbei zeigte sich, dass eine Flüssigkeit — 25 Cc. halbprocentige Kochsalzlösung mit 3 gtt. – 20 gtt. Milchsäure —, in welcher ein ausgeschnittener Muskel sehr rasch seine Leistungsfähigkeit einbüsste, in die Blutgefässe des Frosches eingespritzt, zwar das Herz tödtete, die Erregbarkeit der Skelettmuskeln aber anfänglich erhöhte. Auch hier folgte der anfänglichen Erhöhung der Erregbarkeit, die bei Curare-Fröschen ebenfalls fast ganz verschwand, nur sehr langsam und wenig in die Augen springend ein Absinken derselben. Auch bei diesen Einspritzungen zeigte sich, dass während die Erregbarkeit des Muskels zunahm oder ungeändert blieb, die Kraft desselben sehr rasch vernichtet wurde.

In folgenden Tabellen sind Beispiele dieser Art zusammengestellt, die ein Bild der beobachteten Verhältnisse geben sollen. Die Versuchsvorrichtungen waren die gleichen, wie sie in den bisher besprochenen Versuchen angewendet wurden.

Tabelle VI.

Steigerung der Erregbarkeit des Muskels durch Milchsäure-Einspritzung.

(50 Cc. Salzwasser + 5 gtt. Milchsäure.)

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung. Mm.	Bemerkungen.
	1.	Unvergifteter Frosch, frisch	139	
	2.	—	140	
	3.	Blutleer	140	
	4.	Salzwasser 20 Cc. eingespritzt . .	140	
	5.	Milchsäure (50 Cc. + 5 gtt. Säure) eingespritzt) . . .	140	Anfangs allgemeiner Tetanus, später fibrilläre Zuckungen aller Muskeln, die fortdauern. Das Herz wird nach einigen raschen Schlägen schlaff, nur die Vorhöfe pulsiren langsam, später auch sie nicht mehr.
4 hor. 55′	6.	—	153	
	7.	—	154	
5 hor. 2′	8.	—	163!	
3′	9.	—	156	
5′	10.	—	151	
7′	11.	—	147	
9′	12.	—	147	
13′	13.	—	148	Die fibrillären Zuckungen haben aufgehört!
20′	14.	—	153	
22′	15.	—	154	
24′	16.	—	156	
26′	17.	—	158	
28′	18.	—	160	
34′	19.	—	161	
57′	20.	—	161	

Der Versuch lehrt, dass bei einem gesunden Frosche einer anfänglichen Erhöhung der Muskelerregbarkeit ein allmäliges Absinken derselben folgt, begleitet von Zuckungen des Muskels. Diese Zuckungen verschwinden in der Folge und damit — mit dem Schwächerwerden der Einwirkung der Säure — sehen wir wieder ein Ansteigen der Curve der Erregbarkeit.

Die anfängliche Erhöhung der Erregbarkeit des Muskels und die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen die herabsetzende Einwirkung der Milchsäure auf die Muskelerregbarkeit vermögen wir ebenso, wie wir dies bei der Fleischflüssigkeit im Stande waren, dadurch auszuschliessen, dass wir den Versuch an einem Curarefrosch anstellen und die Lymphe aus dem Körpertheile, dessen Erregbarkeit geprüft werden soll, entfernen. Folgende Tabelle enthält einen derartigen Versuch.

Tabelle VII.

Absinken der Erregbarkeit des Muskels bei Milchsäure-Einspritzung (50 gtt. Kochsalzlösung + 40 gtt. Säure) nach Entfernung der Lymphe.

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm.	Bemerkungen.
1′	1.	Frosch, mit Curare vergiftet, Herz blosgelegt etc. . . .	87	
3′	2.	Säure-Einspritzung	89	Fibrilläre Zuckungen, Herz blass und verschrumpft.
4′	3.	—	84	
7′	4.	—	80	
8′	5.	—	79	
9′	6.	Zweite Säure-Einspritzung . . .	82	
10′	7.	—	79	
16′	8.	Dritte Säure-Einspritzung . . .	80	
18′	9.	—	77	
20′	10.	—	74	
26′	11.	—	72	
31′	12.	—	70	

Zeit.	Nummer der Zuckung.	Zustand des Versuchsthieres.	Rollenabstand bei der ersten Zuckung in Mm.	Bemerkungen.
36′	13.	—	69	
41′	14.	—	65	
46′	15.	—	63	
51′	16.	—	59	
56′	17.	—	20	
60′	18.	—	20	
1 hor. 5′	19.	—	0!!	

Die Lymphräume waren bei diesem Versuch mit der halbprocentigen Kochsalzlösung ausgespritzt und dadurch von Lymphe möglichst befreit. Die Concentration der eingespritzten Säure war so gross, dass der Blutfarbstoff sogleich schwarz dadurch wurde; der Muskel fing jedoch erst sehr spät an merkliche Veränderung in seiner Erregbarkeit zu zeigen. Nach jeder neuen Säure-Einspritzung zeigte sich eine minimale Erhöhung der Erregbarkeit.

Zum Schlusse des Versuches reagirten nur noch die Fussmuskeln auf den elektrischen Reiz. —

Folgende Tabelle enthält eine Kraftmessung nach Milchsäure-Einspritzung.

Tabelle VIII.

Milchsäure-Kraftversuch.

(25 Cc. Salzlösung + 20 gtt. Milchsäure).

Zeit.	Stellung der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1′	40	Curare-Frosch, Herz blosgelegt, Spritze eingebunden . . .	8,0°
3′	„	Milchsäure-Einspritzung . . .	4,0°
6′	„	—	2,0°
7′	„	—	1,5°
8′	„	—	1,0°
9′	„	—	0,5°
10′	„	—	0°!

Bei dem vorstehenden Versuche wurde nur eine Einspritzung vorgenommen, dadurch trat die Ermüdung etwas langsamer ein als sie es bei mehrmaligem Einspritzen thut.

Wir sehen aus den vorstehenden Versuchen, dass die Milchsäure-Einspritzungen sich vollkommen analog in ihren Resultaten verhalten, wie die Einspritzungen von saurer Fleischflüssigkeit. Es lässt sich danach der Satz aussprechen:

Die Milchsäure, die in dem tetanisirten Muskel frei enthalten ist — Fleischmilchsäure — vermag allein alle die Phänomene der Ermüdung hervorzubringen, die wir bisher in dem Muskel in der vorliegenden Untersuchung beobachtet haben.

Das Verhalten der übrigen im Muskel bei dem Tetanus sich anhäufenden Zersetzungsproducte habe ich noch keiner Prüfung unterworfen; — es ist nicht unmöglich, dass sie gerade von entgegengesetzter Wirkung sind.

Es schien mir wünschenswerth zu sein, die Ansicht, dass die alkalische Lymphe durch Neutralisation der Säure deren ermüdende Wirkung aufzuheben im Stande sei, experimentell zu prüfen. Ist es nur die Alkalinität der Lymphe, welche in Frage kommt bei dem Vorgange der spontanen Erholung des ermüdeten blutfreien Muskels, so musste sich durch Neutralisation der eingespritzten Milchsäure, welche den Muskel ermüdete, auch durch eine andere alkalische Flüssigkeit als Lymphe, derselbe Effect erzielen lassen.

Ich wählte zu diesem Zwecke eine verdünnte Lösung von kohlensaurem Natron. Es war vor allem nöthig, ihre Einwirkung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels für sich allein zu prüfen.

Die zu diesem Zwecke angestellten Versuche waren vollkommen analog den bisher besprochenen Kraftmessungsversuchen. In einer zweiten Reihe von Versuchen wurde, nachdem der Muskel durch Säure-Einspritzung ermüdet war, vorsichtig die alkalische Flüssigkeit eingespritzt und der Effect beobachtet.

Wie die Milchsäure, so wurde auch das kohlensaure Natron mit der halbprocentigen Kochsalzlösung verdünnt. Die Alkalinität der Flüssigkeit entsprach möglichst der der Lymphe.

Tabelle IX.

Kraftversuch mit kohlensaurem Natron.

Zeit.	Abstand der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1'	40	Curare-Frosch etc.	9,5°
3'	„	Einspritzung von 25 Cc. Natronlösung, das Herz schlägt sehr rasch und stark . . .	9,0°
5'	„	—	9,0°
6'	„	Das Herz hört auf zu schlagen, die Vorhöfe pulsiren rasch .	8,0°
9'	„	—	7,5°
10'	„	—	6,0°
14'	„	Die Herzkammer schlägt . .	5,2°
15'	„	—	4,0°
16'	„	—	3,0°
17'	„	—	2,8°
18'	„	—	2,0°
19'	„	—	1,5°
20'	„	—	1,5°
23'	„	—	1,0°
24'	„	—	0,8°
26'	„	—	0,5°! minimale Zuckung.

Der Effect der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den leistungsfähigen Muskel ist demnach eine langsame Abnahme seiner Leistungsfähigkeit, welche mit vollkommener Leistungsunfähigkeit endet.

Es ist klar, dass wenn wir bei der Einspritzung von kohlensaurem Natron in den durch Milchsäure-Einspritzung vorher ermüdeten Muskel eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit desselben erhalten, dies nicht auf einem Verdrängen der

Säurewirkung durch die Alkaliwirkung beruhen kann, da letztere ja nicht die Leistungsfähigkeit erhöht, sondern herabsetzt. Folgende Tabelle enthält einen derartigen Versuch.

Tabelle X.

Zeit.	Abstand der Rollen. Mm.	Zustand des Versuchsthieres.	Ausschlag des Zeigers.
1′	40	Curare-Frosch etc.	7,5°
3′	„	Milchsäure-Einspritzung (25 Cc. + 20 gtt. Säure) . .	4,0°
4′	„	—	3,5°
5′	„	—	3,0°
5,5′	„	—	2,0°
6′	„	—	1,5°
7′	„	—	1,0°
8′	„	—	0°!
10′	„	Einspritzung von kohlensaurem Natron (25 Cc. + 20 gtt. $NaO.CO_2$)	1°!
12′	„	—	2,0°
13′	„	—	2,5°
15′	„	—	1,5°
17′	„	Zweite Einspritzung von $NaO.CO_2$	1.5°
18′	„	—	1,0°
19′	„	—	0,5°
20′	„	—	0°

Das Resultat entspricht unseren Erwartungen. Die vorsichtige Neutralisation der den Muskel ermüdenden Säure im Inneren des Muskels vermag dessen Leistungsfähigkeit wieder herzustellen. Natürlich ist diese Wiederherstellung stets nur ein unscheinbares Phänomen, verglichen mit dem Resultate der Ausspritzung der ermüdenden

Substanzen durch eine indifferente Flüssigkeit. Eine Flüssigkeit, welche durch ihre eigene Anwesenheit die Leistungsfähigkeit des Muskels vernichtet, wird stets nur vorübergehende Resultate zu erzielen im Stande sein.

Nachdem die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Muskels durch Neutralisation der den Muskel ermüdenden Säure wieder verschwunden ist, ist der Muskel in einen Zustand versetzt, in dem er durch Salzwasser-Injection nicht mehr zu Kraftäusserungen gebracht werden kann; wenigstens sind die nachträglichen indifferenten Injectionen nur von minimaler Wirkung.

Resultate.

Zum Schlusse werde ich die gewonnenen Resultate zusammenstellen.

1. Das Entfernen des Blutes aus dem durch Tetanus leistungsunfähig und unerregbar gewordenen Muskel des Frosches stellt seine Fähigkeit, auf Reize in normaler Weise zu reagiren, wieder her.

Das Ausfliessen des Blutes aus den Gefässen hat schon in geringerem Grade diese Wirkung; verstärkt wird dieselbe durch vollständiges Verdrängen des Blutes durch eine für den Muskel indifferente Flüssigkeit — eine halbprocentige Kochsalzlösung.

Diese Beobachtung gilt für den elektrischen wie für den Strychnin-Tetanus.

2. Das Blut hat als solches keine den Muskel ermüdenden Eigenschaften, im Gegentheil erhält der Muskel seine Lebenseigenschaften länger bei Gegenwart einer normalen Blutmenge als ohne dieselbe. Es ist damit die etwaige Meinung, dass die Entfernung des Blutes an sich die oben angegebene Wirkung besitze, ausgeschlossen.

Gleichzeitig mit dem Ausfliessen des Blutes, mit dem Auswaschen desselben, müssen Stoffe durch die durchströmenden Flüssigkeiten mit aus dem Muskel ausgewaschen werden, welche durch ihre Anwesenheit die Leistungsunfähigkeit bedingten; oder es müssen dadurch Verhältnisse gesetzt werden, wel-

che der Anwesenheit dieser Stoffe im Muskel ihre Schädlichkeit nehmen.

3. Das künstliche Einspritzen der im Muskel bei Tetanus sich bildenden Zersetzungsproducte — Fleischflüssigkeit bei 45° C. dargestellt mit der nöthigen Salzconcentration — bringt sogleich Leistungsfähigkeitsverminderung und vollständige Leistungsunfähigkeit, Ermüdung des Muskels hervor.

Die auf diesem künstlichen Wege hervorgebrachte Ermüdung stimmt darin mit der auf normalem Wege erzeugten überein, dass mit der Abnahme der Leistungsfähigkeit eine Zunahme der Erregbarkeit des Muskels Hand in Hand geht.

Eine nachträgliche Wiederentfernung der ermüdenden Flüssigkeit aus dem Muskel stellt dessen Leistungsfähigkeit in fast normaler Höhe wieder her.

4. Die Milchsäure bringt vollkommen dieselben Wirkungen bei ihrem Einspritzen in den leistungsfähigen Muskel hervor, die oben in No. 3. für die Fleischflüssigkeit namhaft gemacht worden sind.

Die Analogie in den Wirkungen der Milchsäure und Fleischmilchsäure vorausgesetzt, genügt das durch E. du Bois-Reymond nachgewiesene Auftreten der freien Säure im tetanisirten Muskel, um die im Vorstehenden beobachteten Thatsachen zu erklären; auf andere in ihren Mengenverhältnissen vor und nach dem Tetanus noch weniger sicher erkannte Stoffe braucht hiebei fürs Erste nicht recurrirt zu werden.

5. Kohlensaures Natron setzt die Leistungsfähigkeit des Muskels, für sich eingespritzt, sogleich herab und vernichtet sie in der Folge.

6. Vollkommen blutfreie Muskeln im sonst unversehrten Thiere erholen sich nach der elektrischen wie nach der künstlichen, durch Einspritzen der Muskelzersetzungstoffe hervorgebrachten Ermüdung. Der Grund dafür liegt in der Anwesenheit und Einwirkung der alkalischen Lymphe.

Entfernt man die Lymphe möglichst durch Aus- und Abwaschen, oder ersetzt man sie durch die ermüdende Flüssigkeit, so sinkt die spontane Erholung zu einem verschwindenden Minimum herab und hört zuletzt gänzlich auf.

7. Diese Wirkung der Lymphe beruht hauptsächlich auf ihrer Alkalinität. Sie vermag nachgeahmt zu werden in ihrem Einflusse auf die Leistungsfähigkeit des Muskels durch eine Flüssigkeit, welche an und für sich, wie oben angegeben wurde, selbst ermüdend auf den Muskel einwirkt: durch kohlensaures Natron.

Kohlensaures Natron stellt die Leistungsfähigkeit des durch Milchsäure-Einspritzen ermüdeten Muskels durch die Neutralisation der in den Muskel injicirten Säure wieder her.

8. Die Verhältnisse gestalten sich demnach folgendermassen:

Die Ermüdung des Muskels hat ihren Grund in der Umgestaltung der chemischen Verhältnisse durch seine Action. (Cf. den ersten Satz dieser Abhandlung.)

Der Grund der Ermüdung liegt in der Anwesenheit bestimmter Muskelzersetzungsstoffe in dem tetanisirten Muskel, die im Muskel frei werdende Säure spielt dabei eine Hauptrolle.

Die Erholung nach der Ermüdung beruht auf zwei Bedingungen:

a. mechanische Fortschaffung der im Muskel aufgehäuften Zersetzungsproducte;

b. Neutralisation der freien Säure durch die den Muskel umspülenden alkalischen Flüssigkeiten: Lymphe und, unter normalen Bedingungen, Blut.

Der vollkommen ermüdete Muskel ist demnach nicht in dem Zustande der Erschöpfung, wenn wir dies Wort in seinem eigentlichen Sinne auffassen. Er besitzt in sich noch immer die Bedingungen zur Krafterzeugung, was auf den ersten Blick einleuchten muss, wenn man die geringfügigen Veränderungen in seinen Stoffmengenverhältnissen, die durch den stärksten Tetanus hervorgebracht zu werden vermögen, beachtet. Die Unfähigkeit zur Ausübung seiner Lebensfunctionen resultirt für den erschöpften Muskel nicht aus einem Mangel, sondern aus einem Uebermaasse. Eine Zuführung von Ernährungsmaterial ist also für's Erste nicht nöthig, um die Arbeitsleistung eines Muskels zu steigern, es genügt für eine Zeit dazu die Abfuhr oder Unschädlichmachung der sich anhäufenden Muskelschlacken.

Schlussbemerkungen.

Ich stellte zur Controlle der am Frosche gewonnenen Resultate auch Versuche an warmblütigen Thieren — Kaninchen — an.

Die Resultate waren weniger eclatant als beim Frosche, was zu erwarten war.

Ich unterband die Aorta abdominalis, wie es bei dem Stannius'schen Versuch geschieht, und tetanisirte die unteren Extremitäten bis zum Reactionsloswerden. Es wurde sodann eine einprocentige blutwarme Kochsalzlösung eingespritzt und die Muskeln damit ausgewaschen. Unter diesen Umständen zuckten die Muskeln wieder auf directen Reiz, aber schwach.

War die Todtenstarre schon in geringem Grade eingetreten, so gab die Auswaschung keine Resultate.

Ich constatirte nebenbei die Beobachtung von W. Kühne, dass die Muskeln bei dem Stannius'schen Versuche nach der Unterbindung der Aorta abdominalis, wenn sie vom Nerven aus vollkommen unerregbar sind, doch durchaus noch nicht todtenstarr sind. Es scheint die in dem Blute und den Geweben sich in Folge der Unterbrechung der Circulation anhäufende Kohlensäure zu sein, welche, ähnlich wie Curare, lähmend auf die Nervenendigungen einwirkt. Die Muskeln ergeben, vor dem Unterbinden der Aorta und nach dem Eintritt der vollkommenen Lähmung geprüft, keinen Unterschied in der Erregbarkeit und wie es scheint auch der Leistungsfähigkeit. Bei derselben Rollenstellung am Inductionsapparate erfolgte unter den angegebenen Bedingungen die erste Zuckung, bei derselben Rollenstellung der erste andauernde Tetanus.

Zum Schlusse will ich noch bemerken, dass ich mit Absicht die Beobachtungen, die ich im Vorstehenden mitgetheilt habe, nur auf den Muskel beschränkt habe. Die Nerven scheinen sich in manchen Beziehungen anders als die Muskeln zu verhalten. Die Erhöhung der Erregbarkeit durch Tetanus und Einspritzen von Fleischflüssigkeit scheint dafür den Beweis zu liefern.

Hier ist die Stelle, an welcher ich Hrn. Prof. E. du Bois-

Reymond, meinem hochverehrten Lehrer, für die wiederholte freundliche Aufnahme in dem physiologischen Laboratorium zu Berlin, sowie für die gütige Unterstützung bei meiner Untersuchung durch Rath und That, meinen wärmsten Dank auszusprechen habe. Ebenso habe ich dies gegen meinen verehrten Freund Dr. I. Rosenthal zu thun, dessen aufopfernde und freundliche Unterstützung so grossen Antheil an dem Gelingen der vorstehend mitgetheilten Untersuchungen und Beobachtungen in Anspruch zu nehmen hat.

Berlin, den 8. Juli 1863.

Vergleichend-anatomische Bemerkungen über das Fussskelet der Vögel.

Von

Dr. C. GEGENBAUR in Jena.*)

Im Knochenbau der Hinterextremität der Vögel bildet der zwischen dem Unterschenkel und den Zehen gelegene Abschnitt den für die genannte Classe am meisten charakteristischen Theil. Bei allen übrigen Wirbelthieren eine mehrfache Folge von Reihen kleinerer oder grösserer Skeletstücke darstellend, tritt er uns hier als ein einfacher meist sehr langer Knochen entgegen, der in der Regel einen zweiten, viel kleinern, an seiner Innenseite trägt. Die Gliederung der gesammten hinteren Extremität wird dadurch bei den Vögeln im Vergleiche mit den übrigen Wirbelthieren um nicht unbeträchtliches reducirt und vereinfacht.

Welchen Theilen des Fussskelets der anderen Wirbelthiere

*) Heft II. S. 157 u. f. irrthümlich Gegenbauer gedruckt.

der Knochen des „Laufes“ der Vögel entspreche, ist man mit Cuvier einig. Aeltere Anatomen, deren Ansichten sich in Tiedemann's Zoologie Bd. II. (Anatomie u. Naturgeschichte der Vögel Bd. I.) S. 265 Anmerkung angeführt finden, haben dem Knochen eigentlich nur Namen gegeben, erst Cuvier[1]) vergleicht ihn, indem er ihn als den einzigen Knochen bezeichnet, der den Tarsus und Metatarsus repräsentire. Beim Pinguin sind die ursprünglich discreten Stücke noch zum Theile forterhalten, und es wird Fusswurzel mit Mittelfuss durch drei an den Enden mit einander verbundenen Knochen dargestellt. Später[2]) ist diese erste exactere Darstellung über die allgemeinen Beziehungen des genannten Knochens zwar durch die Angabe des bei einigen Gattungen sich treffenden Vorkommens eines durch ein Band an die hintere Leiste befestigten Stückes, das als eine Art hinterer Kniescheibe fungire, vermehrt, aber keinesweges mehr erläutert worden. Die späteren vergleichenden Anatomen finden wir alle in den Fussstapfen Cuvier's, dessen, den früheren Ansichten gegenüber, offenbar richtigere Deutung nunmehr zur herrschenden geworden ist. Ein Blick in die Hand- und Lehrbücher der vergleichenden Anatomie giebt davon Kunde. Dass der Knochen einer Summe von Metatarsusstücken entspricht, zeigt sich, wie oben bereits angeführt, am deutlichsten beim Pinguin, bei welchem, wie Cuvier zuerst angegeben, drei nur oben und unten mit einander verschmolzene Stücke vorkommen. Bekannt ist gleichfalls noch, dass bei den Cursores einzelne Tarsalstücke längere Zeit mit dem Metatarsus unverbunden bleiben. Bei *Apteryx* findet sich nach Owen[3]) ein kleines keilförmiges Tarsalstück am äusseren und hinteren Theile des Tarso-Metatarsusknochens, und bei den Straussen ist der mit den Metatarsusknochen verwachsende Tarsusabschnitt fast noch bis zu der Zeit selbstständig, da das Thier seine volle Grösse erreicht hat. Ebenso bleiben die Grenzen der drei Metatarsen auch inner-

1) Vorlesungen über vergleichende Anatomie, übers. von Froriep u. Meckel. Leipz. 1809. Bd. I. S. 363.

2) Leçons d'anatomie comparée. Sec. édit. Paris 1835. vol. I. p. 534.

3) Transactions of the zoolog. Society. Vol II. p. 293.

lich länger sichtbar, was auch bei den Dinornithen der Fall zu sein scheint[1]).

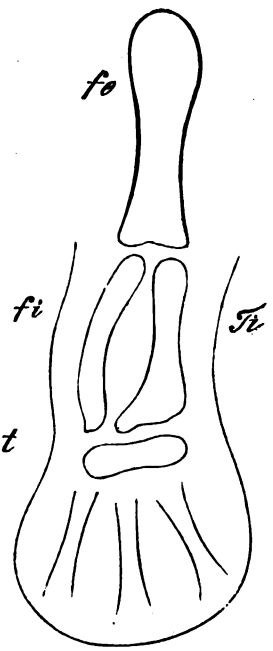
Dass der Tarso-Metatarsalknochen der Vögel aus mehreren verschmolzenen Knochen bestehe, wurde aber auch aus der Entwickelung nachgewiesen. Schon Tiedemann[2]) sagt darüber: „Dieser Knochen wird aus mehreren Knochen gebildet, welche man aber nur bei dem Vogel im Eie antrifft, namentlich fand ich immer zwei Röhrenknochen, die nach und nach zusammenwachsen.“ Noch ausführlicher äussert sich v. Baer:[3]) „In der Fusswurzel bildet sich nicht ein einzelner Knorpel, sondern so viel als Zehen da sind.“ Diese Angaben beziehen sich, wie leicht zu ersehen, wesentlich auf eine mehrfältige Anlage von Metatarsenstücken; wie sich der Tarsus verhalte, ist weniger durch directe Untersuchung und Beobachtung festgestellt, als durch blosse Vermuthung zur verbreiteten Annahme geworden. Dass der Tarsus mit dem Metatarsus verwachse, mochte man eben aus der Thatsache schliessen, dass zwischen Tibia und den Zehen nur ein einziges Knochenstück — abgesehen von dem Metatarsus-Rudimente der Innenzehe — vorkommt. Wie dieses die Anlagen der Metatarsusknochen absorbirte, so mochten auch die des Tarsus in es aufgegangen sein.

In den nachstehenden Zeilen will ich nachzuweisen versuchen, dass die Zusammensetzung des Fusskelets der Vögel auf eine Weise geschieht, die von den bisherigen Aufstellungen in nicht unwesentlichen Puncten abweicht. Es war zunächst das Studium der Entwickelung der hinteren Extremität, welches mir die verlangten Aufschlüsse gegeben, wenn auch die Fragestellung durch Berücksichtigung der fertigen Skelettheile, nämlich des eigenthümlichen, auch Cuvier anfgefallenen Gestaltung des unteren Endes der Tibia angeregt worden ist.

Untersucht man die hintere Extremität eines Hühnchens vom Ende des 5ten Brüttages, so findet man in dem weichen Gewebe schon die Knorpelanlagen der Hauptabtheilungen des

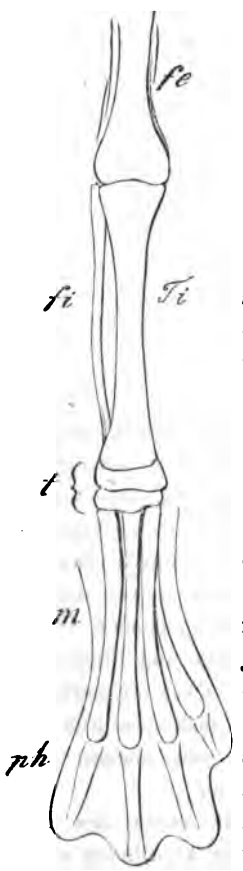
1) Transactions of the zoolog. Soc. Vol. III. p. 241 u. 243.
2) Anatomie u. Naturgeschichte der Vögel. Bd. I. S. 265.
3) Entwickelungsgeschichte der Thiere. Thl. I. S. 94.

Fussskelets, und am 6ten Tage trifft man sie wie in der nebenstehenden Skizze angegeben. Ein kurzer, am oberen Ende abgerundeter, am unteren Ende etwas verbreiterter Knorpelstreif stellt das Femur vor, darauf folgen zwei Stücke von gleicher Länge, Tibia und Fibula; die erstere am unteren Ende ansehnlich breit, in einem nach aussen sich streckenden Fortsatz ausgezogen, auch wenig am oberen Ende verbreitert. Durch einen ansehnlichen Zwischenraum davon getrennt, liegt an der Aussenseite der Tibia die schwach S-förmig gekrümmte Fibula, mit dem unteren Ende gegen den erwähnten Fortsatz der Tibia gerichtet. Als Anlage des Tarsus zeigt sich eine querliegende Gewebsmasse, die in ihren äusseren Abschnitten nicht undeutlich Knorpel erkennen lässt, der jedoch in seiner Circumferenz in ganz indifferentes Gewebe übergeht. Auch das diese beiden seitlichen Partien verbindende Gewebe ist noch nicht bestimmt als Knorpel zu deuten, zeigt jedoch seine Zusammengehörigkeit mit den beiden seitlichen Partien durch etwas grössere Durchsichtigkeit und markirt sich dadurch von dem noch völlig indifferenten die Knorpelanlagen umgebenden Gewebe. Auch die Enden des Femur wie der Tibia und Fibula gehen allmälig in indifferentes Gewebe über, welches die bezüglichen Flächen von einander trennt. Die Mittelstücke der drei Knorpel sind scharf von dem benachbarten Gewebe abgegrenzt, der Knorpel ist als solcher hier am deutlichsten. —



Auf die noch sehr weit zurückstehende Anlage des Tarsus folgen drei Knorpelstücke in divergirender Anordnung und fast von der Stärke der Fibula. Sie laufen nach beiden Enden in

indifferentes Gewebe aus und zeigen in ihrer Fortsetzung noch eine Strecke weit Zellen in solcher Anordnung, dass man auf eine von hier aus peripherisch verlaufende Weiterentwickelung neuer Skelettheile schliessen kann. Jene drei Knorpelstreifen, die an ihrem Mittelstücke wie die Skelettheile des Ober- und Unterschenkels sehr scharf von dem benachbarten Gewebe abgegrenzt sind, stellen die Anlagen der Metatarsen dar, die an ihrem unteren, nach Owen's Terminologie distalem Ende sich zeigenden Zellengruppen sind die Anlagen der Zehen, an denen noch keine Phalangenstücke discret geworden sind. Nach dem sechsten Tage der Bebrütung sind auch die lezteren deutlich vorgetreten und vom Metatarsus abgesetzt, wenn auch noch nicht alle bis zum äussersten Ende der Zehen unterscheidbar. — Da es nicht in meiner Absicht liegt, eine Beschreibung des allmäligen Bildungsvorganges aller einzelnen Fussknochen vorzulegen, darf ich wohl um fünf bis sechs Tage weiter greifen, wo dann Folgendes durch nebenstehende Figur näher Erläuterte sich darstellt. Ober- und Unterschenkelstücke sind ihrer definitiven Gestalt näher gerückt. Am Femur sind die beiden Condylen gebildet, an der Tibia die pfannenartigen Gelenkflächen. Die Tibia hat eine Länge von 3 Mm.; sie ist oben und unten verbreitert, zeigt jedoch am unteren Ende keineswegs die Anlage zu jener Condylenbildung, welche für die fertige Tibia der Vögel so charakteristisch ist. Die Fibula (fi) ist mit grösserer Länge auch schlanker geworden; ihr oberes Ende liegt in gleichem Niveau mit dem der Tibia und der letzteren dicht angeschlos-



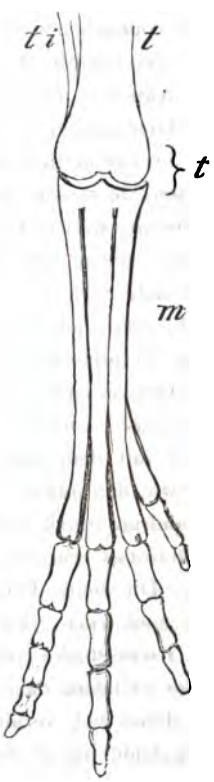
sen. Das untere Ende reicht zwar bis dicht an das gleiche Ende der Tibia, ist aber eine kurze Strecke weit nicht mehr knorpelig, sondern besteht aus spindelförmigen weichen Zellen, so dass es also mehr ligamentös erscheint. Am mittleren Theile ist die Fibula zwar gleichfalls noch von der Tibia entfernt, die Distanz ist aber viel unbedeutender als in den vorhergehenden Stadien. Der Tarsus ist jetzt deutlich unterscheidbar. Es sind zwei einander mit gekrümmten Flächen berührende Stücke, ein oberes, crurales, und ein unteres, metatarsales Stück. Beide bestehen aus weichem Knorpel, sind unter sich sowohl als gegen Tibia und Metatarsusknorpel abgegrenzt. Das crurale Stück ist an der inneren (medialen) Seite stärker, dicker; etwas schwächer an der äusseren Seite (lateral). Da greift es etwas aufwärts gegen den äusseren Knorren der Tibia und wird von dem ligamentösen Ende der Fibula erreicht. Es ist somit auch etwas breiter als das untere Ende der Tibia. Fast ebenso breit, aber flacher, ist das zweite, Metatarsus-Tarsusstück. Es entspricht den drei Metatarsen, die sich unmittelbar an es anfügen, aber durch eine scharfe Linie davon abgegrenzt werden. Vergl. nebenstehende Figur. In der Mitte ist es am dicksten, indem es da eine Vorragung besitzt oder einer am cruralen Stücke befindlichen Vertiefung sich anpasst; von den im Ganzen schwächeren Seitentheilen ist der äussere beinahe noch einmal so dick als der innere. Obwohl die Continuität der beiden Tarsalstücke nirgends unterbrochen ist, ist doch das Gewebe nicht an allen Stellen gleichartig. Es ist fester in beiden Hälften des cruralen Stückes als in der Mitte desselben. Bei sehr leicht gelingenden Versuchen, das ganze crurale Stück von der Tibia abzulösen, zertheilt es sich zuweilen in zwei Stücke. Ich spreche dieses crurale Stück des Tarsus als Aequivalent der beiden ersten Tarsusknochen an und sehe in dem tibialen grösseren den Astragalus, in dem fibularen kleineren den Calcaneus. Das metatarsale Stück entspricht der Summe der übrigen Tarsusknochen, wenn wir es etwa mit dem Tarsus der

Säugethiere vergleichen wollen, dem Würfelbein und den Keilbeinen. Wo wir das Kahnbein zu suchen haben, ist mir nicht vollkommen klar. Wenn man es durchaus auch in dieser eigenthümlichen Anlage mit inbegriffen wissen will, so kommt es am ehesten dem oberen cruralen Tarsusstücke zu. Die Gründe, welche mich bestimmten, die Deutung der Tarsusknorpel in der gegebenen Weise zu treffen, werde ich weiter unten ausführlich entwickeln. — An den Tarsus schliesst sich der Metatarsus. Er besitzt eine Länge von $2^1/_2$ Mm. Zu den schon früher vorhandenen drei Hauptstücken ist noch ein viertes, jenes der Innenzehe hinzugekommen. Es ist von der halben Länge der anderen, fügt sich aber schon vor der Hälfte mit einem zarten Knorpelstreif an das Innerste der drei längeren Stücke an, erreicht aber nicht das untere Ende der letzteren. Die drei langen Stücke sind in ihrer ganzen Ausdehnung von einander getrennt, am unteren Ende etwas kolbig verdickt. Die letztere Eigenschaft theilt auch das rudimentäre innere Stück. Die drei Hauptstücke fügen sich lose an den metatarsalen Tarsusknorpel, und können eben so leicht von diesem gelöst werden, als er selbst vom cruralen Stücke sich abheben lässt. Von Phalangen ist nur die erste Reihe unterscheidbar, die Stücke der übrigen Reihen sind zwar angelegt und vom benachbarten Gewebe der Fussplatte unterschieden, aber noch nicht in Gliederung übergeführt. Die beginnende Verknöcherung ist um die Mitte jeder der sechs langen Knorpelstücke des gesammten Skeletes der unteren Extremität bemerkbar. —

Sowohl die erstgeschilderte Anlage der Hinterextremitätsskelete als die darauf folgenden Weiterbildungen weichen nur unbedeutend von den Anlagen der gleichen Theile der Amphibien, Reptilien und Säugethiere ab, und für die einzelnen Abschnitte lässt sich in einem Entwickelungsstadium der hinteren Extremität der drei genannten Classen immer ein Zustand finden, der als ganz analoger bezeichnet werden kann. Selbst auf der zuletzt dargelegten Stufe ist das für den Vogelfuss charakteristische Moment noch nicht deutlich ausgeprägt, denn es kann noch eine Zertheilung des weichen, keine Spur von

Verkalkung oder Verknöcherung aufweisenden Knorpels des Tarsus in mehrfältige Stücke vernünftigerweise gedacht werden. Analogien dafür liegen nicht weit. In der That aber bildet sich kein neuer Theil, und alle ferneren Vorgänge an den Beziehungen der Unterschenkelstücke, des Tarsus und Metatarsus machen sich vielmehr interessant durch die Verschmelzungen. Letztere gestalten sich aber überraschenderweise ganz anders, als nach den früheren Annahmen zu erwarten war.

Untersucht man die Hinterextremität von Embryen aus dem letzten Dritttheile des Eilebens, so zeigt sich, bei selbstverständlicher Volumszunahme und weiter vorgeschrittener Ossification der langen Knochen, zunächst ein Fortbestehen der beiden Tarsusstücke, ohne Andeutung einer sich einleitenden Trennung. Das metatarsale Stück des Tarsus ist etwas höher geworden, die Linie, welche als Begrenzung der oberen Fläche erscheint, ist schärfer Das crurale Tarsusstück erscheint in seinen beiden Hälften mehr gleichartig; die äussere Hälfte hat die Beziehungen zur Fibula aufgegeben, da letztere nicht in gleichem Maasse mit der Tibia fortgewachsen, mit ihrem unteren Ende daher viel weiter nach oben gerückt ist. Die Verbindung des cruralen Tarsustückes mit der Tibia ist enger geworden als die des ersteren mit dem metatarsalen, welches sich seinerseits inniger an die drei Hauptstücke des Metatarsus anschliesst. Die Metatarsalstücke sind, bei einer Länge von 5 Mm. an ihren oberen zwei Drittheilen dicht an einander gefügt, erst am unteren Dritttheile divergiren sie, und dort schliesst sich auch der Metatarsus der Innenzehe an. Die Phalangen sind sämmtlich knorpelig präformirt vorhan-



den. Bei Embryen, deren Metatarsus 6 Mm. misst, ist zwischen dem cruralen und metatarsalen Tarsusstücke eine Gelenkfläche nachzuweisen, und beide Stücke sind demzufolge noch leichter von einander zu trennen als vorher. (Aus diesem Stadium ist das Präparat entnommen, nach welchem umstehende Skizze gefertigt ist.) Dagegen lösen sie sich schwer von den ihnen correspondirenden oberen und unteren Theilen. Weder gegen die Tibia noch gegen die drei Hauptmetatarsen sind Gelenkbildungen aufgetreten, und wenn auch die gegen jene Knorpelstücke abgrenzenden, auf den Längsschnittsbildern als Linien erscheinenden Grenzflächen noch erkennbar sind, so sind sie doch nicht mehr so klar als früher, denn an einzelnen Stellen beginnt eine Verschmelzung und der Knorpel der Tibia geht continuirlich in den des cruralen Tarsusabschnittes über. Für das crurale Tarsusstück finde ich die Verschmelzung an der Aussen- und Innenseite beginnend. In der Mitte bleibt das Getrenntsein noch länger fortbestehen. Auch das metatarsale Tarsusstück verbindet sich früher mit dem zweiten und vierten Metatarsus als mit dem dritten. Der letztere ist noch auslösbar, während die Gewebsverschmelzung den zweiten und vierten schon mit dem entsprechenden Tarsusknorpel vereinigt hat.

In den nächstfolgenden Stadien ergeben sich nur ganz geringe Veränderungen. Die Vereinigung der bereits vertheilten Tarsusstücke mit Tibia einerseits, mit den drei Metatarsen andererseits, vollzieht sich immer mehr. Das untere Ende der Tibia mit dem ihm angefügten Tarsustheile nimmt sich bald aus wie das untere Ende eines Femur, wobei das dem Tarsus angehörige Stück wie eine Epiphyse ansitzt. Die beiden Seitenhälften des cruralen Tarsusstückes stellen dabei die Condylen vor. Die beim Femur nach hinten sehende Fläche ist aber hier nach vorn gerichtet. In dem mit der Tibia verschmelzenden Tarsusstücke treten selbständige Knochenkerne auf, die erst lange nachdem das Thier das Ei verlassen mit dem Knochen der Tibia sich verbinden. Beim fast halb erwachsenen Hühnchen finde ich in dem die Condylen der Tibia vorstellenden Stücke jederseits einen grossen Knochenkern vor, und noch

einen dritten hinten und aussen an das untere Ende der Tibia sich anlegenden Knochen, der gleichfalls aus dem cruralen Tarsusknorpel hervorgegangen sein muss. Gleich innig sind auch die drei Metatarsen mit dem vom Tarsus ihnen zukommenden Knorpel verbunden. Jeder der drei Metatarsen erhält eine bis nahe an den Tarsusknorpel reichende corticale Knochenschicht. Die Ossificationen stossen an den Stellen zusammen, wo die knorpeligen Metatarsusstücke sich schon vorher berührten, und es sind auch bald die beiden Lücken, die vorher zwischen den drei Stücken bestanden, mit Knochengewebe ausgefüllt. Dadurch wird der Metatarsus zu Einem Stücke umgewandelt und der Tarsus ist endlich als selbständiger Abschnitt der Extremität verschwunden.

Die Verbindung der drei Metatarsalstücke zu Einem wird von einer eigenthümlichen Lageveränderung oder Verschiebung der Knochen begleitet. Anfänglich liegen alle drei Hauptstücke, wie oben einmal schon erwähnt, in stark divergirender Richtung zu einander, allein alle drei nahezu in einer und derselben Ebene. In gleicher Ebene liegen sie auch später noch, wenn sie einen mehr parallelen Verlauf angenommen. Mit der Verknöcherung tritt dann die von mir als Verschiebung bezeichnete Veränderung ein. Während die beiden seitlichen der drei Metatarsusstücke noch in gleichem Verhalten zu einander fortfahren, tritt das Mittelstück (der dritte Metatarsusknochen) mit seinem oberen Ende allmälich etwas hinter die beiden seitlichen, mit dem unteren Ende etwas vor dieselben, und verlässt damit seine parallelen Beziehungen zu den beiden seitlichen Metatarsen. Dadurch werden, wie am halberwachsenen Tarso-Metatarsusknochen des Hühnchens sehr leicht, hin und wieder auch noch am ausgebildeten Tarso-Metatarsus anderer Vögel gefunden werden kann, eigenthümliche Sculpturverhältnisse hervorgebracht. Da das untere, die mittlere Gelenkrolle tragende Ende des dritten Metatarsus etwas über die Vorderfläche der beiden seitlichen — des zweiten und vierten — Metatarsus sich erhebt, so ist nicht nur der die mittlere Gelenkrolle des Laufknochens tragende Abschnitt an seiner Vorderfläche meist stärker gewölbt, sondern es finden sich am

unteren, etwa ein Drittheil der Gesammtlänge des Knochens einnehmenden Ende an der Vorderfläche zwei seichte Längsfurchen vor, die gegen die Mitte hin, häufig unter derselben, flach auslaufen und, durch die Vorragung des mittleren Metatarsus hervorgebracht, den Verwachsungsstellen derselben mit den beiden seitlichen entsprechen. Am oberen Ende ist, dem daselbst zurücktretenden mittleren Metatarsusstücke entsprechend, eine mittlere Furche vorhanden, die, immer tiefer werdend, nach oben sich fortsetzt. An der hinteren Fläche ist das Verhalten der Furchen und Vorsprünge gerade ein umgekehrtes, da oben zwei schwache Seitenfurchen, unten eine starke mittlere Furche vorhanden ist. In Bezug auf diese Verhältnisse stimmt der Knochen etwa bei einem halberwachsenen Hühnchen sehr mit der Darstellung überein, die Owen[1]) vom Tarso-Metatarsus eines jungen Strausses gegeben hat. Den oberen noch ganz deutlich die Trennung aufweisenden Enden der drei Metatarsen ist ein genau auf und zwischen die Enden passendes Knorpelstück angefügt, das man als das metatarsale Tarsusstück ansehen könnte. Zweifellos ist auch in ihm dieses Stück enthalten, ob ganz oder nur zum Theile, bleibt unbestimmbar, da, wie oben angeführt, noch lange vor der völligen Ossification der Metatarsen eine wirkliche Verschmelzung des ihnen sich zufügenden Tarsusstückes zu Stande kommt. Dies Tarsusstück verhält sich zum Metatarsus wie eine Epiphyse zur Diaphyse; es verknöchert mit einem in seiner Mitte auftretenden Kerne, der genau der Stelle entspricht, an die eine mittlere Vorragung gegen den zwischen den Condylen der Tibia befindlichen Ausschnitt gerichtet ist. Der Knochenkern erstreckt sich in die Breite und trifft beim halberwachsenen Hühnchen auf das obere Ende des mittleren und einen Theil der beiden seitlichen Metatarsen. Bei den Hühnern scheint, wie bei den Straussen, die Selbständigkeit des metatarsalen Tarsusstückes länger zu dauern, als bei anderen, namentlich bei den *Oscines*, bei denen mit dem Eintritte des Flüggewerdens die Verschmelzung erfolgt, nachdem schon vorher der

1) Transactions of the zoolog. Soc. Vol. III. p. 243 pl. 28. fig. 1.

Knorpel viel ausgedehnter ossificirt war, als er es bei den Hühnern in einem viel späteren Stadium ist.

Die Lagenveränderung des mittleren Stückes im Metatarsus an Füssen noch nicht ausgewachsener Vögel am deutlichsten, ist auch in späteren Zeiten noch erkennbar, theils an den Furchen und Erhabenheiten, theils an dem Verhalten von Oeffnungen, welche die Dicke des Metatarsus von vorn nach hinten durchsetzen. J. F. Meckel[1]) hat das Verhalten derselben für die einzelnen Ordnungen genau beschrieben, ohne aber die Beziehungen der am oberen Ende vorkommenden Oeffnungen zur Metatarsustheilung erkannt zu haben. Diese Oeffnungen, — bald Löcher, bald Canäle, — finden sich schon an der embryonalen Anlage des Vogelfusses vor. Sie liegen nahe am obersten Ende des Metatarsus, je eines in einem Interstitium interosseum, und dienen zum Durchtritte von Gefässen. Am noch nicht vollständig ossificirten Tarso-Metatarsus liegen sie zwischen den oberen Enden der Metatarsen und erscheinen nach Entfernung des Tarsusknorpels als Spalten. Wenn der Metatarsus jene oben näher angegebene Veränderung in der Lage seiner drei Hauptstücke erleidet, müssen auch Veränderungen in der Lage jener constant vorkommenden Oeffnungen vor sich gehen. In demselben Grade, als der mittlere Metatarsus oben nach hinten rückt, werden die hinteren Mündungen der inzwischen in Canäle umgewandelten Oeffnungen weiter von einander entfernt werden, dagegen die vorderen Mündungen sich nähern, und bei einem höheren Grade der Annäherung werden sie endlich sogar in eine einzige Oeffnung zusammenfliessen.

Das Verhalten der Oeffnungen dieser Canäle habe ich bei einer Anzahl von Vogelskeleten geprüft und gefunden, dass überall da, wo die Laufknochen am oberen Theile seiner Hinterfläche eine Längscrista entwickelt, die beiden hinteren Oeffnungen zu den Seiten dieser Vorragung stehen, während sie vorne einander nahe gerückt sind und sogar dicht beisammen im Grunde einer Vertiefung sich finden, die als gemeinsame

1) System d. vergleichenden Anatomie. Thl. II. Abth. 2. S. 140.

Mündung genommen werden kann. Eine solche zeigt sich bei einigen Stelzvögeln (*Ardea*, *Ciconia*). Meckel erwähnt sie auch beim Pelekan. Wo, wie bei den Raubvögeln, die sonst mehr median verlaufende Leiste an den Innenrand des Laufknochens verlegt ist, sind dennoch die beiden Oeffnungen an der Seite des mächtigen Knochenvorsprunges, in den die Leiste oben ausläuft. Dem kurzen aber breiten Laufknochen der Papageien fehlt die den anderen Vögeln zukommende Leiste (denn die vorhandenen knöchernen Ueberbrückungen der Beugesehnen sind ganz secundäre Gebilde, wie auch die Sesambeine), und die vorderen Oeffnungen der Metatarsalcanäle sind weit aus einander gerückt, in ganz gleicher Entfernung wie die hinteren. Die Canäle nehmen daher hier einen paralelen Verlauf sowie sie bei den übrigen Vögeln von vorne nach hinten divergiren.

Da die mehrerwähnten Canäle aus Metatarsal-Interstitien hervorgehen, so wird das von ihnen umfasste Stück des Laufknochens dem mittleren Metatarsusknochen entsprechen müssen, dessen Lagebeziehungen zu den beiden anderen Metatarsen also aus dem Verlaufe der Canäle zu bestimmen sind. Demnach wird also bei den Papageien jene Lagenveränderung des mittleren Metatarsus nicht stattfinden, auch beim Pinguin nicht, da hier die Metatarsal-Interstitien das embryonale Verhalten fortsetzen. Es geht aber ferner aus dem Dargelegten hervor, dass die aus der erwähnten mittleren Leiste sich erhebende Vorragung, die zuweilen das Ansehen einer Calcaneusbildung (nach Art des Calcaneus der Krokodile und Säugethiere) gewinnt, dem mittleren Metatarsusknochen zugetheilt werden muss. Sie gehört ausschliesslich nur diesem Knochen an in allen jenen Fällen, wo die Metatarsalcanäle in gleicher Höhe sich finden, oder sogar noch über der Protuberanz ihren Verlauf nehmen. Soweit hat die Beurtheilung einen ganz sicheren Boden. Unsicher und schwankend wird derselbe jedoch, wenn man, auf die vorgeführten Thatsachen noch weitere Schlüsse bauend, alle an der hinteren Fläche des „Laufknochens" vorkommenden Reliefgebilde nur dem mittleren Metatarsusknochen wollte zuschreiben. In vielen Fällen mag auch das Tarsusstück sich

daran betheiligen, das ja ohnehin sehr frühe in den Metatarsus aufgeht und von diesem seinen Werth für die Fussskeletbildung bestimmt erhält. —

Dass die Thatsachen, die ich für die Entwickelung des Fussskelets beim Hühnchen gefunden, keine, wie sich wohl von vorne herein erwarten lässt, vereinzelten seien, lehrte mich die Ausdehnung meiner Beobachtungen auf die Embryen anderer Vögel. Alle oben aufgeführten wesentlichen Eigenthümlichkeiten der Fussentwickelung habe ich bei Embryen des Staars, des Sperlings wie des Bussards wiedererkannt und alles beim Hühnchen Beobachtete auch da bestätigt gefunden. Bei der grossen Uebereinstimmung, die die Vögel in den Grundzügen ihres Skeletbaues zeigen, darf ich wohl annehmen, dass auch bei den übrigen Vögeln sich keine wesentliche Abweichung ergeben wird, und darf den Satz aufstellen: „dass der Tarso-Metatarsalknochen der Vögel nicht aus den verschmolzenen drei Metatarsalknochen und dem gesammten Tarsus besteht, sondern dass nur ein Theil des Tarsus in den „Laufknochen“ eingeht, indess ein anderer, der dem Calcaneus und Astragalus entspricht, sich mit der Tibia verbindet.

Der Fuss der Vögel bewegt sich also nicht, wie bei den Säugethieren, in dem zwischen Fusswurzel und Unterschenkelknochen gelegenen Gelenke (dem Sprunggelenke), sondern in einem Tarso-Tarsalgelenke, und darin ist eine ganz ansehnliche Abweichung gegeben von den in der nächst höheren Classe herrschenden Einrichtungen. Die Vögel ergeben sich auch darin als eine abschliessende, nicht in eine höhere Organisationsstufe sich fortsetzende Abtheilung der Wirbelthiere. Aber ebenso werden dadurch engere Beziehugen hergestellt zu der nächst unteren Classe, jener der Reptilien. Nehmen wir hier zwei Verhältnisse in Betracht, einmal die Beziehungen der Fusswurzelknochen unter sich, und zweitens die Beziehungen dieser Knochen zu den nächst oberen und unteren Abschnitten. Da fällt vor allem die Tendenz zur Verschmelzung auf, indem die Einer Reihe angehörigen sich mit einander verbinden und so ein bei den Am-

phibien angebahntes Verhältniss fortsetzen. Auf Tibia und Fibula folgt bei *Emys* ein einziger Knochen, der bestimmt dem Calcaneus und Astragalus entspricht und der sonder Zweifel auch das Element des Naviculare in sich birgt, welches ich bei *Emysaurus* (*Chelydra*) mit dem Astragalus verwachsen finde. Von Cuvier wird ein ganz gleiches Verhalten auch für *Chelys* angegeben. Die Fusswurzel der letztgenannten beiden Schildkröten ist aus dem Grunde höchst interessant, weil hier die Verschmelzung des Naviculare, die bei *Emys* vollständig erfolgen muss, unvollständig zu Stande kommt, indem die Grenze zwischen beiden Knochen fortbesteht. Bei *Chelonia* ist das Naviculare wahrscheinlich ebenfalls mit dem Astragalus verbunden, denn es fehlt, und *Emysaurus* giebt für sein Schicksal einen Fingerzeig. Der Astragalus giebt bei der unbedeutenden Entwickelung des Fersenbeines den Hauptknochen der ersten Fusswurzelknochenreihe ab. Die zweite Reihe bilden die drei Keilbeine und das Cuboideum. Unter den Sauriern sind Verwachsungen der beiden ersten Fusswurzelknochen ein häufiges Verhalten. Kommen sie aber getrennt vor, so sind sie doch fest und beinahe unbeweglich mit einander verbunden. Auch bei den Krokodilen schmiegt sich der wenig entwickelte Calcaneus an den Astragalus an; der letztere bildet entschieden den Hauptknochen, wenn auch der Calcaneus durch Entwickelung eines hinteren Fortsatzes in formeller Beziehung an die entsprechende Säugethierbildung sich anzuschliessen scheint und zum erstenmale einer wahren „Ferse" die Stütze bildet. Indem aber die untere Gelenkfläche der Fibula zur Hälfte dem Astragalus zugewendet ist, wird die vorhin erwähnte Beziehung des Calcaneus bedeutend abgeschwächt und es treten die beiden Knochen dem Reptilienbaue näher. In der zweiten Reihe liegen bei den Krokodilen nur zwei Knochen[1]): ein dem Cal-

1) Cuvier nimmt in den Ossemens fossiles IX. p. 208 die beiden Knochen in derselben Deutung als die einzigen Knochen der zweiten Reihe an, und das der Aussenfläche des Cuboideum angefügte Metatarsen-Rudiment wird als „tient lieu du cinquième doigt" bezeichnet. In den Leçons dagegen wird jenes Stück als ausserhalb der Reihe liegend, den äusseren Mittelfussknochen tragend, somit als Tarsalstück

caneus entsprechendes Cuboideum, welches das Rudiment des fünften Metatarsus, den vierten Metatarsus und einen Theil des dritten trägt. Daran fügt sich ein unansehnliches Keilbein, dem ein Theil des dritten und der zweite Metatarsus sich verbindet. Von den bei den Schildkröten vorhandenen Knochen sind zwei Keilbeine sowie das Naviculare verschwunden. Das letztere kann, wie bei den Schildkröten, mit dem Astragalus verbunden sein. Solches aber auch von den Keilbeinen anzunehmen, wäre eine vage Vermuthung.

Vergleichen wir das soeben für die Reptilien aufgeführte Verhalten des Tarsus mit dem, was ich vorher für die Vögel angab, so ist manches Uebereinstimmende nicht zu verkennen. Die Fusswurzelknochen der ersten Reihe (inclusive des Naviculare) halten sich getrennt von der zweiten Reihe und zeigen Neigung sich unter sich enger zu verbinden und zu verschmelzen. Ja sie verschmelzen vollständig (manche Saurier, *Emys*.) Nach Betrachtung der Verhältnisse bei den Reptilien ist offenbar, dass das crurale Tarsusstück der Vogelembryen dem Calcaneus und Astragalus der Reptilien entspricht. Die Schildkröten geben auch ein Recht, zu vermuthen, dass selbst das Naviculare in jenem oberen Tarsusstücke zu suchen ist; ich muss es aber dahin gestellt sein lassen, ob von diesem Rechte Gebrauch gemacht werden darf, bevor positivere Nachweise bei Vögeln selbst sich finden liessen. Der von der ersten Reihe stets getrennten zweiten Reihe von Tarsusknochen der Reptilien entspricht der metatarsale Tarsusknorpel der Vogelembryen. Er zerfällt ebensowenig als der crurale Knorpel in einzelne Stücke. Man kann das, den Beziehungen zu drei Metatarsusknochen gegenüber, als ein ebenso auffallendes Verhalten finden, als es natürlich erscheint, dass der nur Einem Unterschenkelknochen, der Tibia, entsprechende, von der Fibula nicht erreichte obere Knorpel einfach bleibt. Dabei bleibt aber zu bedenken, dass die drei Metatarsen der Vögel doch nur in Einen Knochen überzugehen bestimmt sind, so dass der bezüg-

---

angeführt. Der letzteren Annahme sind mehrere Autoren gefolgt. Die erstere Deutung halte ich für die begründete, richtige.

liche Tarsalabschnitt nur dem Schicksale der Metatarsen schon in der Anlage vorausgegangen ist. Nach Maassgabe der bei den Reptilien gegebenen Verhältnisse entspricht der metatarsale Tarsusknorpel der Vögel zwei Keilbeinen und dem Cuboideum; vergleicht man ihn speciell mit dem Tarsus der Krokodile, so würde sogar nur Ein Keilbein und das Cuboideum darin zu suchen sein. Wir sehen so, dass sich bei den Reptilien als Regel begründet, dass Verbindungen mehrerer Stücke zu Einem und Vertretungen mehrerer durch eines nur innerhalb einer Reihe der Fusswurzelknochen stattfinden, und dass eben dadurch zwischen beiden Reihen ein mehr gegensätzliches Verhältniss sich ausprägt, ein Verhältniss, welches sich noch entschiedener kundgiebt, wenn wir die Beziehungen der Fusswurzelknochen zu den Knochen des Unterschenkels und Mittelfusses ins Auge fassen.

Die Knochen der ersten Reihe sind sowohl bei Sauriern als bei Schildkröten und Krokodilen innig mit der Tibia und Fibula verbunden und nur ganz wenig beweglich. Bei Sauriern und Schildkröten gilt dies für beide Knochen, bei Krokodilen für einen Knochen, den Astragalus, während der Calcaneus hier eine grössere Beweglichkeit gegen die Fibula sowohl, wie gegen den Astragalus aufweist, als es bei den anderen Abtheilungen der Fall ist. Die Hauptbewegung bei Streckung und Beugung des Fusses geht aber dennoch auch bei Krokodilen in dem Gelenke vor sich, welches durch den Astragalus einerseits, den ersten Metatarsusknochen und das Keilbein andererseits gebildet wird. Die letzteren Knochen bieten Pfannenflächen für den ansehnlichen, grosse Excursionen gestattenden Gelenkkopf des Astragalus. Die Untersuchung der Fusswurzel eines in Weingeist conservirten grossen Kaiman zeigte mir deutlich den Mechanismus in der angegebenen Weise. Am innigsten sind die beiden grossen sehr häufig sogar unter einander verschmolzenen Fusswurzelknochen mit Tibia und Fibula bei den Sauriern verbunden. Diese vier Knochen bilden bei sehr vielen Sauriern gewissermassen nur einen einzigen Abschnitt der hinteren Extremität und bieten so im Wesentlichen jene Verhältnisse, die oben für die Vögel nach-

gewiesen worden sind. Die Bewegung des Fusses findet daher auch bei den Reptilien nicht im Sprunggelenke, sondern in einem Tarso-Tarsalgelenke statt.

Eine völlige Verschmelzung der ersten Reihe der Tarsalstücke mit den Unterschenkelknochen ist mir mit Sicherheit bis jetzt bei keinem Reptil bekannt geworden, so dass diese Einrichtung immerhin als ein für die Vögel bestehendes Charakteristicum gelten mag. Bei alledem darf aber nicht vergessen werden, dass die zwischen beiderlei Zuständen bestehende Kluft nur wenig tief ist, und dass von der völligen Unbeweglichkeit zweier Skeletstücke bis zu dem Verschmelzen derselben nur ein kleiner Schritt zu thun ist.

Dass die Verbindung der beiden ersten Tarsalstücke mit den Unterschenkelknochen bei den Reptilien nicht blos vorbereitet ist, wie ich vorhin nachgewiesen zu haben glaube, sondern dass sie auch thatsächlich dort zu Stande kommt, finde ich in paläontologischen Factis angedeutet. Ich verweise in dieser Hinsicht auf die auch in anderen Beziehungen höchst merkwürdigen Knochenreste des *Compsognathus longipes*, die A. Wagner[1]) durch Beschreibung und Abbildung kennen lehrte. Die ausnehmend langen Hinterextremitäten dieses Reptils, dessen Ortsbewegung wohl ebenso wenig mit der der lebenden Reptilien übereinkommt, als die der Pterodactyli, sind durch einen höchst rudimentären Tarsus ausgezeichnet. Wagner sagt davon zwar nur: „Sehr kurz ist die Fusswurzel"; allein aus der beigegebenen Abbildung (Tab. III.) ist viel mehr zu ersehen. An der gerade in diesem Abschnitte ziemlich gut erhaltenen linken[2]) Extremität finden sich drei platte Tarsusstücke zwischen Metatarsus und Tibia, zwei davon entsprechen je einem sehr langen Metatarsus, das dritte einem eben solchen und einem gekrümmten, mit den drei langen Metatarsen verlaufenden Knochenstücke, welches als das Metatarsusrudiment einer Aussenzehe gedeutet ist und in einem oben erwähn-

1) Abhandl. d. mathem. phys. Classe d. K. Academie d. Wiss. zu München Bd. IX. Abth. 1. S. 94.

2) Die linke Extremität ist auf der Abbildung die rechte und umgekehrt.

ten Knochen der Krokodile sein Homologon findet. Am rechten Fusse ist nachweisbar, dass vier krallentragende Zehen existirten, von denen auch Wagner erläutert, dass die Zahl ihrer Phalangen von innen nach aussen von 2—5 steige. Die aus nur zwei Phalangen gebildete Innenzehe erscheint weit nach oben gerückt. Für sie ist kein den Tarsus erreichender Metatarsusknochen mit Sicherheit nachzuweisen. Die Länge der drei grossen Metatarsusknochen, die nur um ein Viertel geringer ist als die der Knochen des Unterschenkels, entfernt die ganze Fussbildung aus der Reihe der Saurier und zeigt eine Annäherung an das embryonale Fussskelet der Vögel an. Das Gleiche möchte ich auch aus dem Verhalten der Tarsus erkennen. Die beiden bei Reptilien immer doch ansehnlichen obersten Tarsusstücke fehlen gänzlich, und es geht aus der Betrachtung des linken Fusses hervor, dass dieser Mangel nicht als ein zufälliger wahrscheinlich ist, denn die Knochen sind nur wenig aus ihrer Lage gerückt. Es bleibt also nur noch übrig, anzunehmen, dass die beiden Knochen entweder ursprünglich fehlten, oder dass sie, wie bei den Vögeln, mit der Tibia verbunden sind. Die erstere Annahme läuft allen Thatsachen entgegen, für die letztere liegen ausreichende Gründe in den vorausgehenden Zeilen. Sie ist die wahrscheinlichere durch das, was ich für die Vögel zeigte und für die Reptilien nachwies. Eine fernere Begründung erhält sie durch die Form des unteren Endes der Tibia, welches am rechten Fusse ganz deutlich eine Condylenbildung zeigt. Ich stehe zwar nicht an, mein Urtheil über die Fussbildung des *Compsognathus longipes* keineswegs als ein durchaus festbegründetes auszugeben, und bin der Ansicht, dass dazu noch viel mehr, als mir zu leisten möglich war, nämlich die Untersuchung anderer Exemplare oder der Nachweis eines gleichen Verhaltens, bei anderen Sauriern nöthig ist, allein es wird der Unbefangene nicht verkennen, dass jenes Urtheil doch immerhin gute Gründe für sich hat, und dass es eine wesentliche Stütze empfängt in den von A. Wagner freilich nur wenig gewürdigten Beziehungen der übrigen Skeletbildung zu jener der Vögel. Die Gestalt der Halswirbel, die Verhältnisse der Vorderextremitäten, der

Bau des Beckens, namentlich die einer grösseren Anzahl von Wirbeln sich verbindenden langgestreckten Ossa Ilei, endlich die Grössenverhältnisse der ganzen hinteren Extremität lassen keinen Zweifel bestehen, dass hier von dem Skeletbaue der lebenden Reptilien sehr abweichende Einrichtungen gegeben sind, welche das Thier auch in seiner Lebensweise von den sonst verwandten entfernen mussten, und es vielmehr auf eine, wenn auch nicht ausschliessliche doch vorzugsweise Bewegung mittels der Hinterextremitäten, vielleicht nach Art der Känguruh's, anwiesen. Jedenfalls dürfte soviel gewiss sein, dass *Compsognathus* eine jener Formen ist, in denen die Anlagen des bei den Vögeln durchbrechenden Baues vorliegen, und die, wenn sie auch nicht derart in die umgeänderten Formen der gegenwärtigen Thierwelt sich fortsetzten, doch eine viel nähere Verwandtschaft mit der heutigen Classe der Vögel zeigen, als alle bis jetzt bekannten übrigen [1]). —

Nachdem ich die Beziehungen der ersten Tarsusknochen zum Skelet des Unterschenkels auseinandergesetzt und angeführt habe, dass auch bei Reptilien das Hauptgelenk des Fusses ein intertarsales ist, bleibt mir noch der Beziehungen zu gedenken, die zwischen der zweiten Reihe der Tarsusstücke und dem Metatarsus besteht. Schon aus dem Umstande dass die Zahl seiner Knochen, wenigstens bei Sauriern und Schildkröten, in der Regel jener der Metatarsen entspricht, ist eine nähere Zusammengehörigkeit zu folgern. Die Gelenkflächen der Tarsusknochen sowohl, als der Metatarsen sind nahebei eben und der Bandapparat zwischen beiden hindert vollends grössere Excursionen. Die Metatarsen bewegen sich mit den ihnen zugetheilten Tarsusknochen an dem Knochen der ersten Reihe. Beim Kaiman ist die Beziehung des Keilbeines zum Metatarsus sogar eine ganz innige, Es zieht sich nämlich von der Innenseite des hier stark abgeflachten Keilbeines eine knorpelige Lamelle zum ersten Metatarsusknochen hin und geht ganz in dessen gegen den Astragalus gewandte Gelenkfläche

1) Die Auffindung des so wichtigen *Gryphosaurus* ward mir erst später bekannt.

über. Man könnte demgemäss annehmen, dass dadurch ein zweites und drittes Keilbein, wie es die Schildkröten besitzen, ersetzt werde, oder dass das Materiale dieser Knochen hier schon vom ersten Metatarsus absorbirt sei. An 1 Fuss langen Exemplaren des *Alligator lucius* ist dies eigenthümliche Verhalten äusserst klar, bei grossen Individuen finde ich es relativ schwächer ausgeprägt, immer aber noch deutlich genug, um daraus zu erkennen, dass auch die Beziehung der zweiten Reihe der Tarsusstücke bei den Reptilien auf der Bahn getroffen wird, an deren Ende ein völliges Verschmelzen mit dem Metatarsus (Vögel) stattfindet[1]).

Somit hätte ich gezeigt, wie die so höchst eigenthümliche Fussbildung der Vögel von der allgemeinen Erscheinungsweise der hinteren Extremität streng genommen keine Ausnahme macht, indem dieselben Theile, wie sie zum Fussskelete eines Reptils oder eines Säugethiers verwendet werden, auch am Vogelfusse in der Anlage vorhanden sind, aber theils durch geringere Differenzirung (crurales und metatarsales Tarsusstück), theils durch Verschmelzung der gleichreihigen unter einander und durch Verschmelzung mehrerer Reihen einen im fertigen Zustande von dem früheren differenten Bau bedingen, der aber durch die vergleichende Untersuchung des Reptilienfusses von all dem Fremdartigen, das die Verwachsungen ihm angeheftet, entkleidet wird. Die Reptilien bereiten vor, was in den Vögeln ausgeführt wird, und wenn die von mir als wahrscheinlich hingestellte Einrichtung des Fusses von *Compsognathus longipes* sich zur Gewissheit erheben liesse, so wäre ein sehr wichtiges Verhalten im Baue des Vogelfusses, nämlich die Verbindung der oberen Tarsusknochen mit dem Skelete des Unterschenkels, selbst schon bei den Reptilien — wenn auch in einer Uebergangsform — zur Ausführung gekommen.

Zum Schlusse will ich noch auf einige andere Resultate

1) Dass auch bei den Säugethieren das Verhalten der zweiten Reihe der Tarsusknochen noch in dem bei Vögeln herrschenden Zustande vorkommt, lehren bekanntlich *Bradypus tridactylus*, dessen Metatarsusknochen mit dem Cuboideum und den zwei Keilbeinen zu einem Stücke verwachsen sind.

meiner Untersuchung aufmerksam machen. Erstlich geht aus dem für die Entwickelung des Vogelfusses Mitgetheilten hervor, dass bei der Verschmelzung des dem Astragalus und Calcaneus entsprechenden Knorpelstückes mit der Tibia an ein von J. F. Meckel vertretenes Vorkommen eines Calcaneus-Aequivalents am Tarso-Metatarsusknochen nicht gut mehr gedacht werden kann. Der dort vorkommende, häufig sehr ansehnliche Fortsatz, auch zuweilen ein eigener Knochen, ist dem eigentlichen Calcaneusstücke völlig fremd und ist eine erst später, nach der völligen Trennung des Tarsus sich machende Einrichtung zu ganz speciellem Zwecke, und nach dem verschiedenen, aus der Sehnenleitung und Insertion resultirenden Bedürfnisse verschieden gestaltet. In wiefern sich der mittlere Metatarsus an diesen Bildungen betheiligt und wie dies auch am fertigen Skelete nachweisbar ist, habe ich bereits oben erläutert. Wenn nicht schon der oben gelieferte embryonalische Nachweis genügte, könnte auch noch gesagt werden, dass auch die häufige Lage jenes Fortsatzes an der Innenseite des „Laufknochens" ganz exquisit bei Raubvögeln (*Strix*, *Falco*) genannter Deutung zuwiderläuft; denn selbst wenn die beiden oberen Fusswurzelknochen auch mit dem Metatarsus sich verbänden, so könnte hier jener Fortsatz nur durch den inneren der beiden Knochen, nämlich den Astragalus, gebildet sein.

Eine zweite Berichtigung betrifft eine zwar nur wenig verbreitete, allein noch nicht gründlich widerlegte Annahme englischer Autoren, nämlich die bei Owen[1]) und Grant[2]) sich findende Deutung des sogenannten „Sporn" der Männchen bei den Gallinaceen als fünfte, respective erste Zehe. Der erstgenannte Anatom ist zwar später[3]) zu einiger Modification seiner Ansicht gelangt, indem er „in dem Sporn eines vierzehi-

1) Artikel: Aves, in der Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. I. p. 289.

2) Umrisse der vergleichenden Anatomie, aus d. Engl. v. C. Ch. Schmidt. Leipz. 1842 p. 113.

3) On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Sceleton. London 1848 p. 193.

gen Hahns nicht mehr das Homologon einer normalen Zehe" erkennt, aber er sieht dennoch darin „die Tendenz zur Vervielfältigung der Endstrahlen" der Gliedmassen, und rückt dadurch die ganze Bildung wieder in den Bereich des aus früheren Organisationszuständen heraufgekommenen Typischen. Was da für ein grosser Unterschied sein soll, wenn die Spornbildung nicht auf eine Zehe, sondern auf eine „Vervielfältigung der Endstrahlen" zurückgeführt wird, ist mir deshalb nicht ganz klar, da ja die Zehenbildung selbst wieder aus letzterer Einrichtung von Owen gedeutet worden ist. Befragen wir einfach die Entwickelungsgeschichte. Bei der Untersuchung der Hinterextremitäten zahlreicher Hühnerembryonen habe ich auch nach der etwaigen Skeletanlage jener Spornbildung gesucht, allein immer vergeblich. Da ich bei der Anzahl der untersuchten Exemplare nicht gut annehmen kann, dass mir zufällig nur weibliche Individuen vorgelegen hätten, muss ich schliessen, dass für jenen Auswuchs des Laufknochens keine besondere Knorpelanlage besteht, dass also nur vier Zehen, im Metatarsus dureh vier Knorpelanlagen repräsentirt, vorkommen. Damit stimmt auch das ganze Verhalten der Spornbildung. Wo rudimentäre, aus einer Verkümmerung einer, wenn auch blos in anderen, verwandten Organismen vollständigeren und vollkommneren Einrichtung hervorgehende Bildungen, zu denen doch jene „fünfte Zehe" männlicher Gallinaceen gehören müsste, auftreten, da treffen wir sie beständig in den früheren Zuständen der individuellen Entwickelung deutlicher und leichter in ihrer Bedeutung erkennbar angelegt. Das trifft aber keineswegs für jene Spornbildung zu, die ich deshalb als eine ausserhalb der typischen Fussbildung liegende ansehe und in die Reihe singulärer, in engeren Kreisen auftretender Gebilde verweise, wohin sie durch ihr mehrfaches Vorkommen bei *Polyplectron* von selbst sich stellt.

Beiträge zur Structur der Gallengänge der menschlichen Leber.

Von

Dr. L. Riess.

Hierzu Taf. XI.

Wie schwierig die Untersuchung des feinsten Baues der Leber sein muss, geht schon daraus hervor, dass die Ansichten der Anatomen bis heute über diesen Punct sehr getheilt sind, obgleich, wie bei der Wichtigkeit des Organs natürlich, seit geraumer Zeit die bedeutendsten Forscher sich mehr oder weniger mit Leberstructur beschäftigt haben. Ueber die Vertheilung der Blutgefässe in dem Organ sind zwar die Acten so ziemlich geschlossen, um so weniger aber über den eigentlichen secernirenden Theil der Drüse, das heisst also über diejenigen Abschnitte der Drüse, in welchen die Leberzellen sich befinden. — Und es nimmt Einen dies weniger Wunder, wenn man sich selbst etwas mit mikroskopischer Untersuchung der Leber beschäftigt hat. Denn dann sieht man bald, wie schwer es ist, dies weiche und undurchsichtige Gewebe so zu behandeln, dass es der feineren mikroskopischen Beobachtung zugänglich wird, ohne dabei befürchten zu müssen, es in etwas zerstört zu haben. Ferner sieht man, dass Injectionen, die zur deutlichen Erkennung der feinen Gefässvertheilung in der Leber so schön und ohne Mühe benutzt werden können, über die Verhältnisse des die Leberzellen enthaltenden Theils des Parenchyms wenig Auskunft geben, da die Injectionsmasse, sobald sie das Parenchym erreicht hat, Figuren bildet, die meist als künstliche deutlich zu erkennen sind.

Meine Untersuchungen, welche ich im verflossenen Winter

angestellt habe, beziehen sich zwar nicht auf diesen gallebildenden, sondern auf den galleabführenden Theil der Leber, auf die Gallengänge. Da aber Beides doch nicht ganz scharf zu trennen ist, so möchte ich noch ein Paar Worte über die Ansichten sagen, die in neuerer Zeit in Betreff des secernirenden Leberparenchyms aufgestellt sind.

Ansichten über den Bau des Leberparenchyms.

Der Wunsch, die Leber den bekannten Drüsenformen unterzuordnen, fand in der alten, seit Malpighi bestehenden Ansicht Befriedigung, dass die Leber eine conglomerirte acinöse Drüse, wie Speicheldrüsen, Pankreas u. s. w. sei, dass sie in Läppchen, Lobuli, zerfalle, die wieder aus kleineren Elementen, den Acini, zusammengesetzt seien. Unter den letzten Vertretern dieser Ansicht sind besonders Krause und J. Müller zu nennen. Krause sagt[1]), die Substantia propria acinosa hepatis bestehe aus Lobuli, die durch die Tela interlobularis getrennt seien, jeder Lobulus bestehe wieder aus einer Anzahl länglich runder Acini, welche die feinsten Gallengänge dicht umgäben, und in diesen Acini lägen die Leberzellen. J. Müller[2]) lässt seine Acini oder Lobuli der Leber, die er bis zuletzt vertheidigte, aus einer grossen Anzahl blind endigender feinster Gallencanälchen zusammengesetzt werden.

Diese Lehre wurde erschüttert und verlassen, als E. H. Weber[3]) die Existenz von Läppchen in der menschlichen Leber leugnete, und dies bald allgemein anerkannt wurde. Es war nun die Frage, wie die Leberzellen in dem die Leber gleichmässig durchziehenden Parenchym gelagert seien; und es entstand besonders die Meinung, die, wenn auch mannigfach modificirt, von den meisten Anatomen jetzt festgehalten wird, dass die Anordnung der Leberzellen eine netzförmige sei.

---

1) Handbuch der Anatomie 1841 S. 644 ff.

2) Physiologie 1ste Aufl. I. S. 426 ff. — Müller's Archiv 1843 S. 338 ff.

3) Programmata collecta, Fasc. II. S. 218 ff. und Müller's Arch. 1843 S. 203 ff.

Gleichsam zwischen der alten und neuen Ansicht stehen Kiernan, der, obgleich ein Hauptvertreter der Leberläppchen, doch aus Analogie mit dem Verhalten der Vasa aberrantia im Ligamentum triangulare sinistrum netzförmige Anastomosen der feinsten Gallengänge innerhalb der Läppchen vermuthete; und Theile[1]), der auch noch an der Läppchenformation festhält, aber innerhalb derselben (doch auch nur hypothetisch) ein von einer Membran umkleidetes Leberzellennetz sich denkt.

Die Lehre von der netzförmigen Gestaltung des secernirenden Gewebes ist in der letzten Zeit vielfach modificirt worden. Die Ansichten theilen sich der Hauptsache nach in zwei Classen, je nachdem die Autoren ein röhriges Netzwerk annehmen, oder ein aus freien Leberzellen gebildetes Netz, das der umhüllenden Membran entbehrt.

Erstere Ansicht vertritt besonders E. H. Weber, nach welchem das Leberparenchym aus zwei sich vollständig gegenseitig ausfüllenden Netzwerken, dem der Capillaren und dem der feinsten Gallengänge besteht. Die feinsten Gallengänge sind aber nach ihm die verschmolzenen Leberzellen. — Die zwei in einander greifenden Netze stellt ebenso Krukenberg[2]) dar; doch liegen nach ihm in dem Gallennetzwerk die Leberzellen getrennt, wenn er auch keinen Canal sehen konnte. — Auch Beale[3]) beschreibt den secernirenden Theil der Gallengänge als röhriges Netzwerk, das mit Leberzellen und körniger Masse gefüllt sei. Denn dass er sagt, die Membran der Röhren verschmelze oft beim Erwachsenen so mit der Gefässwand, dass sie nicht darstellbar sei, scheint mir seine Ansicht im Allgemeinen nicht zu ändern. Ausserdem hat Beale, was ihm besonders zum Verdienst angerechnet wird, den Uebergang der abführenden Gallengänge in dies Netz deutlich gesehen.

Im Anschluss an diese Ansichten muss ich auch die Ger-

1) Wagner's Handwörterbuch II. Art. Leber. S. 308 ff.
2) Müller's Archiv 1843 S. 318 ff.
3) On some points in the anatomy of the liver. London 1856.

lach's[1]) erwähnen, dass wandlose netzförmige Intercellulargänge zwischen den Leberzellen das Parenchym durchziehen und in die feinsten abführenden Gallengänge einmünden. Er hat Figuren, die ihn dies schliessen liessen, in der Schweinsleber injicirt. Aehnlich war übrigens Henle's alte Ansicht[2]). Sehr eigenthümlich ist endlich die von Budge[3]) und noch einigen Anderen kürzlich aufgestellte Beschreibung, dass ein Netzwerk von ausserordentlich feinen Canälen zwischen den Leberzellen verliefe, welches sich dann zu den abführenden Gallengängen erweitern soll.

Als Vertreter der zweiten Ansicht, dass keine Membran das Leberzellennetz einschliesse, möchte ich Henle[4]) und Kölliker[5]) nennen. Beide stellen die Anordnung der Leberzellen so dar, dass sie dicht an einander gedrängt in einer oder mehreren Reihen gelagert sind, welche Reihen sich netzförmig verbinden; und diese soliden Leberzellenbalken sollen die zwischen dem Capillarnetz bleibenden netzförmigen Zwischenräume ausfüllen. Zwar führen beide als dritten Bestandtheil des feinsten Parenchyms noch Bindegewebe an, doch beschreiben sie die Anordnung desselben nicht recht genau, besonders Kölliker, der nur sagt, es käme etwas, aber sehr wenig Bindegewebe (das er als formloses Gewebe mit einzelnen zarten Bindegewebskörperchen beschreibt) zwischen den Blutgefässen und Leberzellenbalken vor. — Henle stellt das Bindegewebe als Fortsetzung des Bindegewebes der sogenannten Capsula Glissonii dar, das als zarte Fasern die Capillaren begleite.

Eine Kritik aller der angeführten Ansichten geben zu wollen, kann mir nicht in den Sinn kommen. Auch halte ich dies überhaupt nicht gut für möglich, da ein jeder Autor sich auf das stützt, was er gesehen zu haben versichert. Und dass dieses verschiedenartige Sehen uns bei der Schwierigkeit der mikroskopischen Betrachtung der Lebersubstanz nicht allzusehr

1) Handbuch der Gewebelehre S. 271 ff.
2) Allgemeine Anatomie S. 906.
3) Reichert und du Bois's Archiv 1859 S. 642 ff.
4) Handbuch der Anatomie. II. Lief. 1. S. 197 ff.
5) Handbuch der Gewebelehre 4te Aufl. S. 463 ff.

wundern darf, habe ich schon oben angedeutet. Ich schliesse mich nach dem, was ich gesehen habe, einer von den vorigen ziemlich abweichenden Ansicht an, die Reichert[1]) vor einiger Zeit aufgestellt hat. Nach ihm durchzieht ein Gerüst von Bindegewebe das Parenchym, Hohlräume zwischen sich fassend, in denen die Leberzellen dicht gedrängt liegen. Das Gerüst selbst trägt die Capillaren, zeigt sich als homogenes Bindegewebe, und es wird von Reichert als Tunica propria der Drüsenelemente angesehen, die sich in die Wand der feinsten Gallencanälchen unmittelbar fortsetzt. Es ist hiernach die Leber nicht so sehr abweichend von der Structur anderer Drüsen; sie hat ihre Drüsenelemente, den Acinis oder Tubulis anderer Drüsen entsprechend, und zwar sind dies die von Leberzellen erfüllten Hohlräume, welche durch die Bindegewebs-Septa von einander getrennt werden; nur ist der Unterschied, dass hier die einzelnen Elemente unter einander so verschmolzen sind, dass eine Art cavernöser Bau entseht. — Von einem selbst sehr dichten, mit Leberzellen gefüllten Netzwerk unterscheidet sich dieser Bau dadurch, dass bei ersterem die von Zellen erfüllten Hohlräume Röhrenabschnitte darstellen, zwischen denen Maschen zurückbleiben, während bei diesem cavernösen Bau, wie bei dem cavernösen Blutgefässgewebe, die von den Zellen eingenommenen Räume nur durch die Septa getrennt werden, in denen sich die Capillaren befinden. — Da ferner die sehr dünnen Septa, so lange die Zellen in den Hohlräumen liegen, auch auf feinen Durchschnitten nicht gesehen werden, so sind es hauptsächlich die Capillaren, welche die Zellen der verschiedenen Hohlräume von einander abscheiden, und wo keine Capillaren vorhanden sind, da stossen die Zellen scheinbar unmittelbar auf einander. Auf diese Weise ist es erklärlich, dass der Anschein eines Leberzellennetzes, welches die Maschen zwischen den Capillaren ausfüllt, entsteht.

Es stützt sich die Ansicht besonders auf die Präparate, die man von Fettlebern, nicht blos cirrhotischen, sondern auch

1) Müller's Archiv 1854, Jahresbericht S. 76.

nicht cirrhotischen (was Henle übersehen hat[1]), durch Auskochen mit Aether bekommt, wodurch man sämmtliche Leberzellen entfernt. Man erhält dann bei gewöhnlichen Fettlebern in feinen Schnittchen das Bindegewebsgerüst als Netzwerk zarter Balken zu sehen, in denen keine Structur zu erkennen ist und in denen man bei gelungenen Injectionen die Capillaren verlaufen sieht.

Mit diesem Bau des Parenchyms stimmt auch das sehr gut, was ich bei allen Injectionen des Ductus hepaticus beobachtet habe und was auch viele Andere, z. B. Henle, nach Injection der Gallengänge sahen. Es zeigen sich nämlich, sobald die Injectionsmasse das Parenchym erreicht hat, von dem Ende der feineren injicirten Canälchen ausgehend, eigenthümliche Figuren injicirt. Sie breiten sich in der Regel büschelförmig aus, bieten auch oft netzförmige Zeichnung dar, haben aber undeutliche, verwaschene Grenzen. Ich glaube mit Bestimmtheit, dass diese Figuren, wie auch Henle annimmt, durch Eindringen der Injectionsmasse zwischen die Leberzellen entstehen. Und dass dies an der Stelle, wo die feinsten Canälchen in die Hohlräume übergehen, geschieht, ist sehr natürlich. Denn welcher Ausweg bleibt hier der Masse, wenn noch einiger Druck sie vorwärts treibt, als zwischen die die Hohlräume ausfüllenden Zellen? — Wirkt der Druck noch stärker ein, so ist es ferner kein Wunder, wenn die Masse an einzelnen Stellen in die dünnwandigen Capillaren tritt; und hierdurch erklären sich dann mit grosser Wahrscheinlichkeit die deutlicher contourirten Netze, die man auch nicht selten im Parenchym injicirt findet.

Soviel über den Bau des secernirenden Leberparenchyms. Klarer und leichter der Anschauung zugänglich ist das die Galle abführende System der Gallengänge, vorausgesetzt, dass man von dem Puncte des Zusammenhanges mit jenem absieht. Denn es ist natürlich, dass sich je nach der Ansicht vom Bau des Parenchyms die Vorstellung vom Uebergang der feinsten Gallengänge in dasselbe ändern muss. Bei den meisten Autoren ist diese Vorstellung übrigens nur ein Schluss aus den an-

1) Handbuch der Anatomie. II. Lief. 1. S. 213.

deren Beobachtungen; der Einzige, der angiebt, dass es ihm gelungen sei, die Fortsetzung der Wand der kleinsten Gallencanälchen in die Membran seines Röhrennetzes zu verfolgen, und dies danach abgebildet hat, ist Beale. — Nach Reichert's Ansicht geht, wie gesagt, die Wand der feinsten Gallengänge in die Tunica propria des entsprechenden Hohlraums über, womit die eben beschriebenen büschelförmigen Injectionsfiguren sehr gut stimmen.

Aber auch die Beschreibung der Gallengänge selbst ist bei den verschiedenen Autoren nicht ganz übereinstimmend. Mich haben zur Betrachtung der Gallengänge besonders die Angaben angeregt, die vor einiger Zeit Henle[1]) über dieselben gemacht hat, welche Angaben besonders durch die physiologischen Schlüsse, die er theoretisch daraus abzuleiten wünscht, Wichtigkeit bekommen. Nach ihm hätte nämlich die schon früher von Einigen aufgestellte Theorie, dass die Leberzellen gar nicht Galle, sondern die anderen bekannten Producte der Leber, besonders also Zucker bilden, sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich. Die Galle würde in diesem Falle ausschliesslich in den blind endigenden Gallengängen und zwar von den sogenannten Gallengangsdrüsen geliefert. Obgleich ich nicht weiss, ob Henle noch streng an dieser Theorie festhält, er sich im Gegentheil in seinem Handbuch viel weniger bestimmt ausspricht, als in dem ersten Aufsatz in den Göttinger Nachrichten, so hielt ich es doch der Mühe werth, nachzusehen, ob vom rein anatomischen Standpunct aus sich Anhaltspuncte für diese Theorie finden liessen, und überhaupt die Anordnung der Gallengänge, mit besonderer Rücksicht auf die Gallengangsdrüsen, noch einmal einer näheren Prüfung zu unterziehen. — Was ich darüber jetzt angeben kann, soll keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen, da ich aus Mangel an Zeit abbrechen musste; ich hoffe, dass mir später noch einmal Musse werden wird, das Angefangene fortzusetzen.

Das Material hat mir Prof. Reichert gütigst zur Verfü-

1) Göttinger Nachrichten 1861 S. 338 ff. und Handbuch der Anatomie. II. Lief. 1. 1862 S. 201 ff.

gung gestellt, mich überhaupt mit ausserordentlicher Freundlichkeit auf alle Weise unterstützt, wofür ich ihm zum grössten Dank verpflichtet bin.

Ich habe grösstentheils menschliche Lebern theils von Erwachsenen, theils von Kindern betrachtet. Bei der Mehrzahl habe ich den Ductus hepaticus injicirt und zwar anfangs mit Leimmasse, dann mit der von Hyrtl angegebenen, durch Zinnober gefärbten ätherischen Harzlösung; am meisten hat mich aber schliesslich eine Injectionsmasse befriedigt, die Frey[1]) kürzlich sehr empfohlen und als von Richardson erfunden angeführt hat. Sie besteht aus einem Gemisch von Alkohol, Methylalkohol und Glycerin; der Farbstoff ist Berlinerblau. Fast ganz dieselbe Flüssigkeit empfiehlt auch Beale. Abgesehen von der Reinlichkeit und Bequemlichkeit der Injection empfiehlt sich die Flüssigkeit durch ihre dunkele Färbung in den dünnsten Lagen, und dadurch, dass sie kurze Zeit nach der Injection aus nicht zu grossen Canälen nicht ausfliesst. Auch habe ich nie Imbibition bei ihr gesehen.

Anordnung und allgemeiner Bau der Gallengänge.

a. In der Fossa transversa.

Die Stelle, wo die Gallengänge die auffallendste Anordnung zeigen, und von der auch die meisten Beobachter ausgegangen zu sein scheinen, ist die Fossa transversa. Ich will daher zunächst beschreiben, was in ihr wahrzunehmen ist.

Wenn man an einer Leber, deren Ductus man mit gefärbter Masse injicirt hat, das Bindegewebe, Fett u. s. w., das in der Fossa transversa den Ductus hepaticus, die Vena portarum und Art. hepatica umgiebt, fortnimmt, und auch die Vena port. mit ihren beiden Hauptästen abpräparirt und entfernt, so sieht man, noch von einer glänzenden, aus starken vielfach

---

1) Siebold u. Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. Bd. XII. Heft 3.

gekreuzten Faserzügen bestehenden Bindegewebshaut bedeckt, ein eigenthümliches Netzwerk, meist ziemlich gut mit Injectionsmasse gefüllt, zu den Seiten der quer über die Fossa transversa verlaufenden grossen Aeste des Ductus hepaticus. Das Netz verbindet theils die wenigen grösseren Zweige, die von den grossen Gängen schon in der Fossa transversa seitlich abgehen, theils sendet es Ausläufer, welche allmälig verschwinden, zum Rand der die Fossa transversa begrenzenden Leberlappen. Einige Ausläufer begleiten auch die constanten grösseren Gallencanäle, welche in die Fossa umbilicalis, die Fossa ligamenti venosi und auch oft in die Fossa vesicae felleae hinziehen. Betrachtet man mit blossem Auge oder der Loupe die Canäle genauer, so sieht man, dass bei ihnen die Injectionsmasse nicht geradlinig begrenzt ist, sondern mit unregelmässigen und gezackten Rändern fortzieht. Am Stamm des Ductus selbst und seinen Hauptästen kann man die innere Begrenzung des Lumens nicht erkennen, die Oberfläche erscheint hier glatt; höchstens sieht man am Ductus und in der Nähe der Theilungsstelle auch an den beiden Hauptästen längliche Flecken in der Wand injicirt.

Zu weiterer Erforschung ist das Mikroskop nöthig; mit ihm erkennt man leicht, dass das gezackte Aussehn der Gänge von kleinen bläschenförmigen Anhängen herrührt, die neben dem Lumen der Canäle liegen. Bei den kleinsten, netzförmig sich verbindenden Gängen sind sie am stärksten entwickelt. Die Bilder, welche diese Gänge, je nach der Entwickelung dieser Anhänge und auch je nach der grösseren oder geringeren Anfüllung mit Injectionsmasse darbieten können, sind sehr mannigfaltig. — Oft sind die Anhänge so massenhaft, dass sie den Canal in der Mitte ganz verdecken und der Anschein einer grossen traubigen Drüse entsteht. Oft dagegen sieht man den Canal sehr deutlich und zu den Seiten die Bläschen in kleineren oder grösseren Gruppen gelagert; am besten nimmt man dies oft an nicht injicirten Gängen wahr, wie man solche neben den injicirten stets in grosser Anzahl trifft. Ein injicirter Gang, an dem dies auch sehr gut zu sehen, ist Fig. 1. abge-

bildet; an ihm sieht man auch, wie man häufig findet, den Canal spiralig verlaufen.

Nicht selten auch macht ein Gang mit seinen Anhängen den Eindruck eines engen, vielfach verschlungenen Canals. So fand ich es namentlich bei den Injectionen der Hyrtl'schen ätherischen Lösung, so dass ich eine Zeit lang die Vermuthung hatte, es existirten an diesen Canälen überhaupt keine Anhänge, sondern sie seien nur vielfach gekrümmt und verschlungen. Andere Injectionen zeigten mir aber, dass dies nur Täuschung war. Es lassen sich die Anhänge stets auf Bläschen zurückführen, deren Durchmesser ich in der Fossa transversa in der Regel 0,012—0,018 Par. Lin. finde.

Dass die Anhänge mit dem Lumen der Gänge in Verbindung stehen, kann man stets deutlich erkennen. Wieviel Bläschen aber mit einander zusammenhängen, ehe sie in den Canal münden, das heisst also, wieviel Bläschen zu einem Ausführungsgang gehören, lässt sich in der Regel, wo sie dicht gedrängt sind, schwer ausmachen. Doch sind es jedenfalls nie sehr viele, und es findet sich daher hier selten das Bild von grösseren traubigen Drüsen, wie es die bekannten im Stamm des Ductus hepaticus sind, von denen noch die Rede sein wird. — Nur in aussergewöhnlichen Verbindungsästen zwischen dem Stamm des Ductus hepaticus und einem seiner Hauptäste habe ich zweimal grosse, vielfach verzweigte Drüsen gefunden, denen des Ductus hepaticus ganz ähnlich. In Fig. 2. ist ein Stück eines solchen Ganges abgebildet.

Ich habe bisher die in Rede stehenden Gebilde so beschrieben, wie sie sich auf den ersten Anblick darstellen. Danach könnte vielleicht Mancher zu der Auffassung kommen, welcher auch viele Autoren zu folgen scheinen, man habe es in der Fossa transversa mit netzförmig verzweigten Gängen zu thun, von denen ganz kurze, folliculär endigende Canälchen, das heisst also wirkliche Anhänge der ganzen Gänge nach den Seiten abgingen. Dass dies ein Irrthum sei, zeigt das Bild des eben erwähnten Ganges (Fig. 2.) sehr deutlich. An ihm nämlich sehen wir klar, dass die seitlichen Anhänge nicht frei

liegen, sondern von einer dicken Wand eingeschlossen sind, über deren Grenzen sie an keiner Stelle hinausgehen.

Ganz ebenso aber finden wir nun bei näherer Betrachtung an allen Gängen der Fossa transversa sämmtliche drüsigen Anhänge innerhalb einer das Lumen der Canäle umgebenden Wand liegend. Es ist dies ein Punct, den die meisten der bisherigen Beobachter nicht beachtet zu haben scheinen. Auch ist es oft sehr schwer, die Wand zu sehen, denn man kann, um die kleinen Canälchen mikroskopisch zu betrachten, sie nur mit der Bindegewebslage, in der sie liegen, herausnehmen; und da kann es leicht kommen, dass das umliegende, unregelmässig verlaufende Bindegewebe die Wandung verdeckt, oder aber, wenn man Ersteres durch Reagentien (Essigsäure, Kali u. A.) durchsichtig macht, auch die Wand so durchsichtig wird, dass man sie schwer wahrnimmt. Auch erschweren die Gefässnetze, welche zugleich mit dem Gallengangsnetz in der Fossa transversa verlaufen, die Wahrnehmung, besonders da die Gefässchen oft zu den Seiten der Gallencanälchen parallel mit ihnen verlaufen und so die Grenzen der Wandung verdecken. Doch wird man, wenn man auf den Punct aufmerksam ist, in den meisten Fällen sich von der Existenz der Wand überzeugen können.

Es sind also die Anhänge der Gallencanälchen in der Fossa transversa nicht Appendices der ganzen Gänge, sondern Appendices ihres Lumens, das heisst in ihrer Wand gelegene Gebilde. Die Wand der kleinen anastomosirenden Gänge ist meist sehr dick, sie übertrifft den Durchmesser des Lumens stets bedeutend. Denn während das Lumen der kleinen Canäle etwa einen Durchmesser von 0,012—0,02 Par. Lin. hat, beträgt die Dicke der Wand 0,03—0,04, ja zuweilen bis 0,1 Lin. — Die Wand zeigt eine streifige Zeichnung, deren Längsrichtung dem Canal parallel läuft. — Besonders deutlich zeigt sich die Wand an Lebern von Kindern; Fig. 3. ist ein Stückchen aus dem Netz der Fossa transversa einer Kindsleber abgebildet; man sieht hier zugleich, dass beim Kind die drüsigen Gebilde dieser Gänge noch wenig entwickelt sind. — An den grösseren Gängen, in welche diese Canäle münden, sehen wir eine ver-

hältnissmässig dünnere Wand und ebenso verhältnissmässig viel weniger Ausbuchtungen des Lumens, so besonders in den beiden Hauptästen des Ductus hepaticus.

Alle diese Gallengänge der Fossa transversa liegen der Substanz der Leber sehr nahe, nämlich in der Bindegewebsschicht, welche unmittelbar dieselbe überzieht. Man kann diese Schicht, ohne die Lebersubstanz zu verletzen, streckenweise behutsam abziehen. Es ist auch dies die einzige Methode, um das Gallengangsnetz der Fossa transversa mikroskopisch zu untersuchen. Thut man dies nun bei einer injicirten Leber, so wird man merken, dass sehr häufig von der unteren Fläche der Bindegewebslage her kleine injicirte Canälchen in die Substanz hineingehen, die man beim Abtrennen zerreisst. Es senken sich also von dem Gallengangsnetz aus Gallencanälchen in das Innere der Leber. Ebenso findet man, wenn man die Ausläufer des Netzes nach den Rändern der Leberlappen hin verfolgt, dass diese hier schliesslich in der Lebersubstanz verschwinden. Ob überhaupt blinde Endigungen der Gänge in der Fossa transversa vorhanden sind, ist, wie auch Henle meint, sehr fraglich. Ich habe fast nie welche gesehen, und wo man sie sieht, kann es sehr leicht Täuschung sein, hervorgerufen entweder dadurch, dass der Gang ins Parenchym hineinzog, oder dass die Injectionsmasse dort aufhörte; denn oft sind die feinsten Gänge uninjicirt sehr schwer zu sehen.

Betrachtet man nun diese Gänge, die in das Parenchym führen, genauer, so findet man, dass sie entweder sehr wenig oder gar keine Ausbuchtungen in ihren, stets auch deutlichen Wandungen besitzen. Kann man sie eine kleine Strecke in die Lebersubstanz verfolgen, so findet man sie dann immer ganz glatt. — In manchen Fällen sieht man nach diesen Stellen hin allmälig die Zahl und Ausdehnung der drüsenartigen Gebilde in der Wandung der Gänge abnehmen, so dass sie von der üppigsten Entwickelung zu sparsam stehenden, nur von wenigen oder gar einem Bläschen gebildeten Anhängen des Lumens und zuletzt zu blossen sogenannten Krypten der Schleimhaut übergehen, bis sie endlich ganz verschwinden.

Eine derartige Uebergangsstelle vom Rand der Fossa transversa ist Fig. 4. dargestellt.

b. Verhalten der Gallengänge innerhalb der Lebersubstanz.

Betrachten wir nun, ob und wie sich dies beschriebene Verhalten der Gallengänge ändert, nachdem sie von der Fossa transversa aus in die Lebersubstanz getreten sind. Sie liegen von da an, wie bekannt, mit den Aesten der Vena portarum und Art. hepatica zusammen in canalartigen Interstitien der Lebersubstanz, die man, um eine kurze Bezeichnung zu haben, nach Kiernan ganz gut Portalcanäle nennen kann. Sie sind durch Bindegewebe mit den Gefässen verbunden und verzweigen sich im Grossen wie jene baumförmig.

Schneidet man einen der grossen Pfortaderäste eine Strecke weit auf, so verwandelt man den Canal in eine zu übersehende Fläche, und wenn man nun, was ziemlich leicht geht, die Wand der Pfortader vorsichtig abpräparirt, so bekommt man den mitziehenden Gallengang mit seinen Zweigen ebenso vor Augen, wie in der Fossa transversa. — Und da sieht man nun, wenn man die Fläche von der Fossa transversa aus in die Lebersubstanz hinein verfolgt, durchaus keinen grossen Unterschied im Verhalten der Gallengänge. Nur geben die grösseren Gänge in den Portalcanälen (abgesehen von ihrer Stammverästelung) viel mehr Zweige nach den Seiten ab, als in der Fossa transversa, und das Netz, welches diese Zweige bilden, ist weniger auffallend als dort, schon weil der Raum kleiner ist. — Sonst aber sehen wir hier ebenso wie dort eine deutliche dicke Wandung an allen Canälen, wir sehen innerhalb der Wandung, besonders an den kleineren seitlichen Zweigen, das Lumen mit zahlreichen Ausbuchtungen besetzt; wir sehen endlich diese Ausbuchtungen verschwinden, sobald der Canal das Bindegewebe, das den Portalcanal ausfüllt, durchbrechend in's Parenchym tritt. — Diese Uebereinstimmung ist übrigens ganz natürlich. Denn was ist die Fossa transversa anderes, als das letzte Stück der grossen Portalcanäle, in wel-

chem blos, weil die Lebersubstanz nur auf einer Seite vorhanden ist, das die Leberoberfläche überziehende Bindegewebe, die sogenannte Capsula Glissonii, statt eines Canals eine Platte bilden muss? —

Die von den grossen Gallencanälen abgehenden seitlichen Zweige bilden also auch in den Portalcanälen ein Netz, das sich in dem Bindegewebe der Capsula Glissonii ausbreitet und also die Vena portarum umgiebt. In den grössten Portalcanälen ist es noch sehr deutlich. Aus diesem Netz gehen dann kleine Canäle, wie in der Fossa transversa, durch die Capsula Glissonii hindurch in's Parenchym. Doch sehen wir auch nicht selten die Zweige direct aus dem Hauptstamm des Portalcanals in die Lebersubstanz treten. Dies wird beim Kleinerwerden der Portalcanäle immer häufiger, wenn man allerdings auch noch in den kleinen derselben Anastomosen der Zweige sieht. Es existiren jedenfalls auch viel mehr Anastomosen, als man wahrnehmen kann, da sich von diesen kleinen Gängen bestimmt immer nur ein kleiner Theil mit Injectionsmasse füllt.

Der Hauptgang jedes Portalcanals besitzt wie die Hauptgänge in der Fossa transversa verhältnissmässig weniger drüsenartige Gebilde, als seine kleinen Seitenzweige. Diese Gebilde bleiben auch hier stets innerhalb der Wand. Sehr oft sieht man allerdings das Bild längerer blinddarmförmiger Anhänge zu den Seiten der grösseren Canäle; diese erweisen sich aber immer als Seitenzweige, die nur bis zu einem bestimmten Punct mit Injectionsmasse gefüllt sind. — Diese Seitenzweige gehen jedenfalls in sehr grosser Menge ab, viel grösserer, als die Injection zeigt, da, wie eben gesagt, ein grosser Theil stets ungefüllt bleiben muss. Sie gehen meist rechtwinklig ab, doch laufen sie oft erst noch eine Strecke schräg durch die Wandung des Hauptganges. Netzförmige Verzweigung dieser kleineren Canäle innerhalb der Wand des Hauptganges glaube ich aber nicht annehmen zu müssen, obgleich Manche, z. B. Beale, dieselben beschreiben. Ich habe wohl solche Bilder gesehen, doch schien es mir immer Täuschung zu sein durch Aneinanderstossen oder Uebereinanderliegen zweier Ausbuchtungen oder Gänge. Auch ist oft sehr schwer zu sagen, wo

die Wand der Gänge aufhört und das interstitielle Bindegewebe anfängt.

Abgesehen von diesen Seitenzweigen geht nun natürlich die baumförmige Stammverästelung der Ductus vor sich, analog der Verästelung der Vena portarum und der Portalcanäle überhaupt. Der Ductus theilt sich aber in der Regel etwas früher, als die Vene, so dass dann ein Stück weit zwei grössere Ductus in einem Portalcanal liegen. Sonst finde ich in der Regel nur einen. — Allmälig wird auf diese Weise der Durchmesser des Ductus immer kleiner, zugleich nehmen die drüsenartigen Gebilde in seiner Wand ab, bis das Lumen nur noch mit seichten Auswölbungen versehen erscheint. Die Zweige, die er in diesem Stadium, das heisst bei einem Durchmesser des Lumens von etwa 0,05 Par. Lin., nach den Seiten abgiebt, besitzen auch wenig oder gar keine Ausbuchtungen des Lumens mehr, von Netzen derselben ist in so kleinen Portalcanälen auch nichts mehr zu bemerken. Schliesslich ist der Ductus ganz glatt und erreicht die Grösse der kleinsten Gallengänge. (Vergl. Fig. 5.)

Als kleinste Gallengänge bezeichne ich die von früher her auch Ductus interlobulares genannten Gänge, das heisst diejenigen, in welche direct die aus den Leberzellenräumen des Parenchyms hervorgehenden Canälchen münden. Das injicirte Lumen der Ductus interlobulares finde ich beim Erwachsenen in der Regel 0,008—0,016 Par. Lin. breit. Ich sehe immer noch eine deutlich bindegewebige Wand um dieselben herum. Die von ihnen rechtwinklig nach den Seiten zum Parenchym tretenden Canälchen sind meist sehr kurz, etwa 0,0032—0,0048 Par. Lin. breit, und bei diesen konnte ich keine Structur der Wand mehr erkennen. Wo die Injectionsmasse noch weiter gedrungen ist, da laufen diese letzten Aestchen in jene schon erwähnten büschelförmigen oder netzförmigen Figuren aus, die für zwischen die Leberzellen oder in die Capillaren getretene Injectionsmasse zu halten sind.

Zu den Ductus interlobulares gehört ihrer Grösse nach die Mehrzahl der aus den Portalcanälen seitlich in's Parenchym tretenden Gallengänge, sei es, dass sie aus den Anastomosen

in der Capsula Glissonii oder direct aus dem Hauptgang kommen. Ein Theil hat auch noch einen grösseren Durchmesser, doch lösen sie sich immer bald in Ductus interlobulares auf. Endlich gehen auch allerfeinste Canälchen ab, die sich dann also gleich ausserhalb der Capsula Glissonii mit den Hohlräumen des Parenchyms in Verbindung setzen und daher dicht an der Grenze des Portalcanals in jene büschelförmigen Injectionsfiguren auslaufen.

Analog verhalten sich die aus der Fossa transversa gleich in's Parenchym tretenden Gänge; doch habe ich hier in der Regel nur Ductus interlobulares gesehen.

c. Drüsen des Ductus hepaticus.

Von den kleinsten Gallengängen gehe ich zu den grössten zurück. In der Wand des Ductus hepaticus und den Anfängen seiner beiden Hauptäste, ebenso im Ductus choledochus und cysticus finden sich Drüsen eingelagert, die lange bekannt und vielfach beschrieben sind als sogenannte Gallengangsdrüsen, unter welchem Namen man übrigens auch die eben beschriebenen drüsenartigen Gebilde der übrigen Gallengänge sowohl in der Fossa transversa als innerhalb der Lebersubstanz zusammengefasst hat. — Sie verursachen jene länglichen Flecke, die man oft nach Injectionen in der Wand dieser grossen Canäle sieht. Sie sind am zahlreichsten im Ductus hepaticus vertreten, weniger im oberen Theil des Ductus choledochus und unteren des cysticus; im unteren Theil des choledochus und oberen des cysticus scheinen sie ganz aufzuhören, ebenso sind in der Gallenblase wahrscheinlich gar keine vorhanden. In dem rechten und linken Hauptast des Ductus hepaticus finden sie sich nur ein kurzes Stück. Sobald die seitlichen Zweige und die einfacheren Ausbuchtungen der Schleimhautoberfläche des Ganges auftreten, sieht man Drüsen von jener ausgebildeten acinösen Structur nicht mehr. — In abnormen Anastomosen zwischen Ductus hepaticus und einem seiner Hauptäste habe ich, wie schon oben erwähnt, dieselben grossen Drüsen gesehen. (Fig. 2.) Sie liegen immer rund um den Canal herum, haben meist eine plattgedrückte Gestalt, indem sie sich pa-

rallel der Oberfläche in der Wand ausbreiten; ihr Ausführungsgang scheint meist eine Strecke in der Wandung zu laufen, ehe er in den Canal mündet, da man ziemlich selten die Hauptmasse einer Drüse mit dem Ausführungsgang in einem Querschnitt zu Gesicht bekommt. Diese Drüsen zeigen alle einen complicirten acinösen Bau; der Durchmesser der Drüsenbläschen ist wie in der Fossa transversa.

Ergebnisse aus den mitgetheilten Beobachtungen.

Wenn ich das eben Beschriebene zusammenfasse, so ergiebt sich in Bezug auf die drüsigen Anhänge der Gallengänge als Hauptresultat Folgendes:

1. Alles, was an Drüsen oder drüsenartigen Gebilden an den Gallengängen sich zeigt, liegt in der Wandung derselben.

2. Alle diese Gebilde nehmen dem Parenchym zu ab, so dass stets an den sogenannten Ductus interlobulares nichts davon wahrzunehmen ist.

Diese beiden Thatsachen stimmen nun mit der Theorie von der Gallenbildung in den Gallengängen durchaus nicht. Denn Gebilde, die in der Wand der Ausführungsgänge einer Drüse liegen und erst um die stärkeren Aeste herum auftreten, können unmöglich ein selbstständiges Drüsensystem darstellen, und von ihnen ist nicht anzunehmen, dass sie das Secret, welches der Ausführungsgang abführt, selbstständig produciren; man muss vielmehr voraussetzen, dass sie nur einen mehr oder weniger unwichtigen Bestandtheil desselben bilden oder zu irgend sonst einem Nebenzweck vorhanden sind. Nimmt man hinzu, dass die Theorie doch auch blinde Endigung der Gallengänge verlangt, welche sich auf keine Weise nachweisen lässt, so muss man eingestehen, dass durch anatomische Thatsachen die Theorie nicht gestützt werden kann.

Uebrigens scheint mir dieselbe auch von physiologischer Seite her nicht sehr viel Anhaltspuncte zu haben. Denn die

Experimente mit Unterbindung der Vena portarum oder Arteria hepatica haben verhältnissmässig wenig ergeben und lassen fast in allen Fällen den Verdacht von Zustandekommen der Blutzufuhr auf anderem Wege offen. Ebenso zweifelhaft sind die pathologischen Fälle, wo bei Pfortaderverschliessung die Gallensecretion nicht gestört war; denn z. B. in Betreff der von Frerichs beobachteten Fälle von chronischer Leberatrophie mit Verstopfung der Pfortader, die Henle citirt[1]), spricht sich Frerichs selbst dahin aus[2]), dass sie für eine Bildung der Galle aus dem Blute der Arteria hepatica nichts bewiesen.

Endlich ist vielleicht auch der Punct nicht ohne Beweiskraft, dass beim Kind die drüsigen Anhänge der Gallengänge noch viel weniger entwickelt sind als beim Erwachsenen (vgl. Fig. 3.), und im früheren embryonalen Leben vielleicht gänzlich fehlen, obgleich doch feststeht, dass die Gallensecretion schon in foetu frühzeitig in vollständiger Weise vorhanden ist.

Wofür nun die allerdings grosse Anzahl von drüsigen Anhängen zu halten ist, ob es Alles Schleimdrüsen sind oder nicht, wage ich nicht zu entscheiden. Ich habe daher auch den Namen Drüsen in der vorhergehenden Beschreibung im Allgemeinen vermieden. Dass die anatomischen Verhältnisse gegen die Möglichkeit, dass sie Schleim secerniren, sprechen, glaube ich nicht. Allerdings ist es mir nur selten gelungen, den Inhalt der Drüsenbläschen genau zu beobachten. Bei den Lebern Erwachsener, die ich nicht injicirt hatte, zeigte sich derselbe meist nur als bräunliche, krümliche Masse. Einige Mal an Kindslebern (und ferner beim Schwein) konnte ich das Epithel deutlich sehen, und da schien es mir immer dem Pflasterepithel, das sich in anderen Schleimdrüsen findet, näher zu stehen, als dem Cylinderepithel. Die Form der Bläschen scheint mir auch nicht verschieden von der anderer Schleimdrüsen; sie sind meist ziemlich kuglig. Uebrigens lehrt die vergleichende Anatomie, dass die Qualität des Secrets unabhängig von der Form der Drüsenelemente ist. — Auf den physiologischen Ein-

1) Göttinger Nachrichten 1861 S. 339

2) Klinik der Leberkrankheiten I. S. 282.

wand, die Menge der Drüschen sei für die Quantität Schleim, die secernirt wird, zu gross, lässt sich bemerken, dass jedenfalls viel Schleim der Galle stets beigemengt ist, und dass übrigens wohl schwer auch nur annähernd zu bestimmen ist, wieviel kleiner Drüschen dazu gehört, um eine bestimmte Menge Schleim zu produciren.

Vielleicht aber haben auch nicht alle diese Gebilde gleiche Aufgabe. Die Drüsen im Stamm des Ductus hepaticus entsprechen den Schleimdrüsen an anderen Orten am genauesten; die Anhänge an den kleinen anastomosirenden Gängen in der Fossa transversa und den grösseren Portalcanälen sind schon viel einfacher gebaut; die Ausbuchtungen der grösseren Gallengänge selbst haben endlich am wenigsten die drüsige Gestalt. — Vielleicht könnte daher für einen Theil der Gebilde, besonders für letztere, eine Ansicht gelten, die Beale ausspricht, dass nämlich die Ausbuchtungen, die er alle Sacculi nennt, eine Stagnation der Galle zum Zweck hätten, dass es also gleichsam lauter kleine Gallenblasen seien. Auch fügt er hinzu, dass die Stagnation vielleicht dazu da sei, um eine innigere Wechselwirkung zwischen der Galle und dem Blut der im umgebenden Bindegewebe liegenden Capillarnetze zu ermöglichen.

Die alte Ansicht von Theile, dass das Gallengangsnetz der Fossa transversa grosse netzförmige Gallengangsdrüsen seien, brauche ich kaum zu erwähnen, da sie vollständig dadurch widerlegt wird, dass die Gänge in's Parenchym treten, und dass sie eine deutliche Wand, in der die drüsenartigen Gebilde liegen, und ein im Inneren ziehendes Lumen zeigen. — Ebenso wenig hat die von E. H. Weber aufgestellte Bezeichnung Vasa aberrantia für das Netz der Fossa transversa irgend welche Berechtigung. Man müsste dann alle die kleinen Gänge, die in den Portalcanälen von den grösseren Gallengängen abgehen und nicht gleich in's Parenchym treten, sondern erst noch um die Pfortader herum anastomosiren, auch Vasa aberrantia nennen. Die Bezeichnung passt eben nur für jene Gallengänge, die man sehr häufig im Ligamentum triangulare sinistrum und zuweilen in den die Vena cava oder auch die

Fossa umbilicalis überziehenden Bindegewebsbrücken findet. Erstere stellen baumförmig verzweigte Figuren dar, bei denen ein Theil der Zweige blind zu endigen scheint, der grösste Theil aber bogenförmig mit einander anastomosirt. Letztere bilden ein enges Netzwerk, an dem aber auch einzelne blinde Enden vorzukommen scheinen. Ich habe dies Netz nur einmal ordentlich gesehen, und da bemerkte ich keine Ausbuchtungen am Lumen der Canälchen. Dagegen habe ich an den grösseren Gängen im Ligamentum triangulare sinistr. öfters deutliche, wenn auch sparsam stehende Ausbuchtungen beobachtet. Auch an diesen Gängen sieht man übrigens die bindegewebige Wand deutlich. Es sind diese Vasa aberrantia wahrscheinlich, wie jetzt die Meisten annehmen, verkümmerte Gallengänge, d. h. solche, um welche herum das früher existirende Leberparenchym geschwunden ist. Dass sich einzelne der drüsigen Gebilde in ihren Wänden erhalten haben, ist wohl nicht auffallend.

Verhalten der Schleimhautoberfläche der Gallengänge.

Zur Vervollständigung der Betrachtung möchte ich noch einige Puncte besprechen, die im Vorigen noch nicht abgehandelt sind. Zunächst das, was man auf der inneren Schleimhautfläche der Gallengänge sieht:

Wenn man einen Gallengang aufschneidet und ihn durch das Parenchym so weit verfolgt, wie überhaupt möglich ist, so sieht man bis in die kleinsten Gänge, die man öffnen konnte, zwei einander parallele Reihen kleiner Gruben, die ziemlich dicht auf einander folgen, an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen des Canals hinziehen. Diese Gruben sind lange bekannt, doch ist ihre Beziehung zu den anderen Gebilden verschieden aufgefasst worden. Während Manche (Theile) sie mit den Mündungen der sogenannten Gallengangsdrüsen in Verbindung bringen, hält sie Henle für blosse seichte Ausbuchtungen der Schleimhautfläche, den unregelmässig stehen-

den Gruben im Ductus hepaticus gleichzusetzen, welche den Zweck hätten, nöthigenfalls den Raum der Canäle zu vergrössern. Beale dagegen hält sie für identisch mit seinen Sacculi, d. h. den drüsigen Anhängen der Gallengänge, die nach ihm bei der menschlichen Leber nur in zwei Reihen liegen. Mit allen diesen Ansichten kann ich nicht übereinstimmen.

Schneidet man den Ductus choledochus und hepaticus auf, so sieht man in diesen nichts von solchen zwei Reihen, sondern, wie bekannt, eine grosse Menge unregelmässig verstreuter Gruben, wodurch die ganze Schleimhaut eine netzförmig gefaltete Oberfläche erhält. Diese netzförmig gefaltete Oberfläche kommt bekanntlich am stärksten entwickelt in der Gallenblase und dem Ductus cysticus vor; hier im Ductus choledochus, hepaticus und den Anfängen seiner beiden Hauptäste ist sie auch noch ziemlich stark ausgesprochen; weiterhin nimmt sie an Tiefe und Grösse der Gruben schnell bedeutend ab, doch hört sie nicht ganz auf, sondern ich sehe mit Hülfe der Loupe eine netzförmige Zeichnung in der Schleimhaut der kleinsten Canäle, die man noch aufschneiden kann, wenn sie auch natürlich sehr schwach ausgesprochen und mit blossem Auge nicht sichtbar ist. — Im Ductus choledochus und hepaticus sieht man die Ausführungsgänge der grossen traubigen Drüsen als feinere Puncte unregelmässig ringsum in den Canal münden, daher bald in den Gruben und bald nicht.

Neben diesen netzförmigen Faltenzügen treten nun auf der Schleimhautfläche jene in zwei Reihen stehenden Gruben als etwas ganz Gesondertes auf. Sie beginnen schon in den grössten Gallengängen in der Fossa transversa, doch stehen sie hier noch in weiteren Zwischenräumen; die fortlaufenden Reihen zeigen sich erst nach dem Eintritt in die Portalcanäle, d. h. also dann, wenn die Gallengänge anfangen, viele Zweige nach den Seiten abzugeben. Und dies ist auch meine Meinung, dass die zweireihigen Gruben, zum grossen Theil wenigstens, in die abgehenden Seitenzweige führen. Sehr oft lässt sich dies mit der Loupe deutlich sehen, denn es erscheint ein grosser Theil der Gruben so tief, dass sie offenbar die Wand des Ganges durchbohren müssen. In die grösseren kann man auch

oft eine Borste einführen und so dies bestätigen. Am besten erkennt man es an injicirten Canälen, die man aufgeschnitten hat; denn hier sieht man sehr oft die injicirten Seitenzweige, welche durch die Wand des aufgeschnittenen Canals durchschimmern, zu den Gruben hin verlaufen. Dass sich dies immer nur bei einem Theil der Gruben zeigt, und sich bei vielen kein in sie mündender Gang nachweisen lässt, widerlegt die Existenz solch eines Ganges bei diesen letzteren noch lange nicht. Denn da, wie oben auseinandergesetzt ist, der Durchmesser der Seitenzweige meist ein sehr kleiner ist, so entziehen sich dieselben uninjicirt der Betrachtung, und die Injectionsmasse füllt stets nur den kleinsten Theil von ihnen.

Ich meine also, dass jedenfalls ein sehr grosser Theil der zweireihigen Gruben als Mündungen der Seitenzweige der Gallengänge anzusehen ist. Im übrigen Umfang der Canäle münden, wie ich stets gefunden, keine Zweige. Die Anordnung der Gallengänge mit ihren Seitenzweigen kann daher eine gefiederte genannt werden.

Dass nun wirklich jede der Gruben in einen Gallengang führen muss, will ich nicht behaupten. Es ist wohl möglich und sogar wahrscheinlich, dass ein Theil der drüsigen Anhänge der Canäle mit den abgehenden Zweigen in einer Linie liegt und daher manche der Grübchen ihnen angehören. Dass aber die drüsigen Ausbuchtungen nur in den zwei Reihen liegen, wie Beale meint, glaube ich bestimmt nicht; denn erstens nimmt man auf der Schleimhautfläche aufgeschnittener Gänge zwischen den zwei Reihen ausser der netzförmigen Zeichnung auch noch kleine runde Vertiefungen wahr, die den Ausbuchtungen sehr gut entsprechen können; und ferner habe ich auch an injicirten nicht aufgeschnittenen Gängen zuweilen bestimmt sehen können, dass die drüsigen Gebilde an unregelmässigen Stellen der Circumferenz entspringen. — Diese Entscheidung ist schwieriger, als vielleicht Mancher denkt. Denn an aufgeschnittenen Gängen verwischen sich die Ausbuchtungen oft fast ganz; und an unverletzten Canälen, besonders kleinen, die man unter das Mikroskop bringen muss, sieht man zwar zu beiden Seiten Zweige und Ausbuchtungen deutlich; was aber

auf der oberen und unteren Fläche vorhanden ist, kann man oft schwer oder gar nicht erkennen.

In Bezug auf die netzförmige Faltung der Schleimhaut möchte ich noch bemerken, dass durch sie vielleicht die krause, wellige Contour des Lumens der kleinen Gallengänge bewirkt wird, die fast immer auftritt, wenn die eigentlichen Ausbuchtungen aufhören, und der Uebergang zu den ganz glatten Gängen stattfindet.

Feinerer Bau der Wandung der Gallengänge.

Endlich möchte ich noch das anführen, was ich vom feineren Bau der Wand der Gallengänge, besonders an Querschnitten, gesehen habe. Querschnitte von den grossen Canälen, so namentlich vom Ductus hepaticus, sind nicht gut anders möglich, als von getrockneten Präparaten, zu machen. Querschnitte von Portalcanälen aus dem Parenchym habe ich theils auch von getrockneten, theils von in Chromsäure erhärteten Stücken, theils endlich an frischen Lebern mit dem Doppelmesser gemacht. Mit letzterem glückt es zuweilen, einen vortrefflichen feinen Querschnitt zu bekommen, aber im Ganzen selten, weil die ungleiche Consistenz des weichen Parenchyms und des resistenten Bindegewebes der Portalcanäle dem Schnitt sehr hinderlich ist.

Betrachtet man einen genügend feinen Querschnitt vom Ductus hepaticus, so sieht man in Betreff der Structur der Wandung Folgendes: Man kann ziemlich scharf zwei Schichten der Wand unterscheiden, deren innere schmalere ein mehr undurchsichtiges, gelbliches Aussehn schon dem blossen Auge zeigt; es lässt dies einen grösseren Reichthum an elastischen Fasern in ihr vermuthen. Mit stärkeren Vergrösserungen betrachtet, zeigt sich die innere Lage mehr aus circulären, die äussere blos aus längsziehenden Faserzügen bestehend. Letztere zeigt fast das Ansehn des Sehnengewebes, sie besteht aus mattglänzenden Feldern, die besonders in den Winkeln, wo

mehrere zusammenstossen, durch dunkele Contouren von einander getrennt sind. Nach innen zu beginnen dann mehr oder minder plötzlich circuläre Streifen aufzutreten, die in der Nähe des Lumens ein ziemlich dichtgedrängtes Stratum bilden. Die Streifen setzen sich nicht genau schichtenweise ab, sondern es ziehen oft Fasern aus einer Schicht in die andere über. So entstehen Lücken, in denen sich wieder querdurchschnittene, also longitudinale Bündel zeigen. Die Faserstränge der inneren Schicht sind im Allgemeinen feiner als die der äusseren.

An sehr dünnen Schnitten verschwindet die Streifung der inneren Schicht und man sieht dafür (nach Zusatz von Essigsäure) viele, meist sehr feine elastische Fasern, die zum grossen Theil circulär ziehen, doch auch theilweis longitudinal verlaufen. Es zeigt dies also, dass, wie zu vermuthen war, die innere Lage sehr reich an elastischen Fasern ist. — Muskelfasern habe ich in der Wand des Ductus hepaticus nicht wahrnehmen können.

In diese Faserzüge eingelagert sind zunächst grössere und kleinere Gefässe und Nerven. Die grösseren Gefässe liegen nur in der äusseren Lage der Wand, man sieht sie entweder quer durchschnitten oder auch nicht selten längs getroffen, in letzterem Falle laufen sie oft bogenförmig dem Lumen des Ductus parallel. Von diesen grösseren Gefässen sieht man dann (auch ohne Injection der Arteria hepatica) eine grosse Menge kleinerer auslaufen und durch die ganze Dicke der Wand sich auf das Verschiedenste verzweigen. Die grösseren Nervenstämmchen, die man trifft, liegen auch immer in der äusseren Schicht.

Ausserdem sind in der Wand eingelagert die schon beschriebenen grossen traubigen Drüsen. Und zwar liegt auch ihre Hauptmasse in der äusseren Schicht und breitet sich hier meist der Wandung parallel, gleichsam wie die Krone eines Baumes aus. Die Lappen, in welche sie zerfallen, und die Masse der Drüse überhaupt werden in der Regel von circulären Streifen umgeben. Die Ausführungsgänge verlaufen, wie schon erwähnt, meist mannigfach geschlängelt nach dem Lumen hin. Nach aussen hin ist die Wand des Ductus hepati-

cus immer scharf abgegrenzt gegen das lockere, meist mit sehr vielen Fettzellen erfüllte Zellgewebe der Porta hepatis. — Eine Abbildung der Structur der Wand ist in Fig. 6. gegeben.

Ganz ähnlich wie der Ductus hepaticus verhalten sich der Ductus cysticus und choledochus, nur dass im oberen Theil des ersteren und unteren des letzteren die Drüsen allmälig aufhören. Ebenso verschwinden die traubigen Drüsen in den beiden Hauptästen des Ductus hepaticus bald, und es treten dafür die drüsenartigen Ausbuchtungen auf, die sich aber auf dem Querschnitt meist nur undeutlich bemerkbar machen. — Mit dem Kleinerwerden der Canäle ändert sich aber auch ihr Bau etwas, namentlich verschwindet bald die deutliche Abgrenzung der Wand in zwei Schichten, indem die innere, circuläre Lage sehr schwach wird, so dass sie oft nur noch mit Mühe erkannt werden kann. Der Hauptbestandtheil der Wand sind also bei der Mehrzahl der Gallengänge longitudinale Faserzüge, zwischen denen man die kleinen Blutgefässe, an welchen alle Gallengänge sehr reich sind, in grosser Menge verlaufen sieht. Namentlich an den mittelgrossen Gängen nimmt man das Blutgefässnetz auch uninjicirt oft sehr deutlich wahr, und zwar nicht selten in der Art, dass ein grösseres Gefäss circulär einen Theil der Wand umgiebt und Zweige nach dem Lumen zu abschickt, so dass eine radiäre Zeichnung in der Wand entsteht.

Bis zu sehr kleinen Canälen sieht man noch die Wand streifig, also aus Strängen bestehend. Bei den feinsten, etwa von einem Lumen von 0,018 Par. Lin. abwärts, sehe ich in der Regel statt der streifigen Zeichnung kernartige Zellenkörper in der Grundsubstanz der Wand, die mit ihrem grössten Durchmesser bald longitudinal, bald mehr circulär sich legen.

Ein anderer Unterschied der Gänge in den Portalcanälen von denen in der Fossa transversa ist der, dass die äussere Begrenzung ihrer Wand eine viel undeutlichere ist. Es rührt dies von dem begleitenden Bindegewebe her, das in den Portalcanälen die verschiedenen hier ziehenden Canäle verbindet. Denn dessen Bündel laufen grösstentheils auch mit der Längsrichtung der Canäle parallel und gehen ausserdem, wie in die

Adventitia der Vene und Arterie, so auch in die Wand des Ductus so allmälig über, dass an vielen Stellen es geradezu unmöglich ist, zu sagen, wo die Wand aufhört und das interstitielle Bindegewebe anfängt. Das ist namentlich in den kleinen Portalcanälen der Fall; und bei den Ductus interlobulares war es mir fast immer unmöglich zu bestimmen, wieviel ich von dem Bindegewebe, das ich die Gänge umgeben sah, zur Wand rechnen sollte. Den Querschnitt eines kleinen Portalcanals, in dem diese undeutliche Begrenzung des Ductus wie der Gefässe zu sehen ist, zeigt Fig. 7. — Wie man aber bei solchen Bildern die Existenz eines die Canäle verbindenden Bindegewebes in den Portalcanälen, mit Ausnahme der grösseren, überhaupt leugnen kann, wie Beale dies thut, ist mir unbegreiflich.

Die Dicke der Wand der Gallengänge nimmt vom Ductus hepaticus bis zu den Ductus interlobulares hin, wenn auch absolut ab, so doch im Verhältniss zum Lumen im Allgemeinen zu. Denn während am Ductus hepaticus, bei einem Lumen von ungefähr 2 Par. Lin., die Wand etwa 0,4 Lin., also etwa $^1/_5$ des Lumens beträgt, fand ich z. B. bei Canälen mit einem

Lumen von 1,1 Par. Lin. die Wand = 0,3 Par. Lin.
„ „ 0,84 „ „ „ „ = 0,28 „ „
„ „ 0,64 „ „ „ „ = 0,23 „ „

also bei diesen Gängen die Wand $^1/_4$—$^1/_3$ vom Lumen. Bei kleineren Canälen mit einem Lumen von 0,1—0,06—0,04 Lin. fand ich die Wand ungefähr 0,044—0,03—0,02 Lin. dick, also etwa = $^1/_2$ des Lumens. Bei einem Lumen von 0,02 Lin. war die Wand etwa gleich dem Lumen, und bei den Ductus interlobulares scheint ihre Dicke, wenn ich auch, wie gesagt, sie meist nicht genau bestimmen konnte, das Lumen zu übertreffen. Am dicksten ist schliesslich die Wand an den Gallengangsnetzen der Fossa transversa, wo sie, wie oben erwähnt, den Durchmesser des Lumens oft um mehrere Male übertrifft.

Ueber das Epithel der Gallengänge kann ich nur wenig sagen, da es an den menschlichen Lebern, die mir zu Gebote standen, meist nicht mehr deutlich zu sehen war, auch meist durch die Injection zu Grunde gerichtet wurde. An einigen

Kinderlebern, wo es noch deutlich war, sah ich das, was auch alle Autoren angeben, nämlich, dass in den grössten Canälen sehr langes Cylinderepithel vorhanden ist, welches allmälig immer kürzer wird, und in den kleinsten Canälen, also den Ductus interlobulares oder den Gallengangsnetzen der Fossa transversa, die an Grösse die Ductus interlobulares nicht viel übertreffen, sich als Pflasterepithel zeigt.

Vergleichend-anatomische Notizen.

Alles, was ich beschrieben habe, bezog sich nur auf die menschliche Leber. Thierlebern habe ich nur wenig untersucht und diese wenigen meist nur auf das Verhalten des Stammes des Ductus hepaticus hin. Die Drüsen in ihm fand ich bei mehreren Thieren viel stärker entwickelt, als beim Menschen, so z. B. beim Hammel und bei der Ente. Bei letzterer zeigt sich ausserdem eine auffallende, breite Muskellage, die die Wand des Ductus hepaticus nach aussen umgiebt; sie scheint aus einer breiten äusseren circulären und einer dünnen inneren Längsschicht zu bestehen. — Etwas genauer habe ich die Schweinsleber untersucht und die Anordnung der drüsigen Gebilde bei ihr etwas anders gefunden, als beim Menschen. Dieselben befinden sich nämlich hier hauptsächlich an den Hauptästen des Ductus hepaticus, die rund herum damit besetzt sind, während das Netz der kleinen Gänge in der Fossa transversa und den grösseren Portalcanälen viel weniger mit ihnen versehen, überhaupt wenig entwickelt ist. Desto deutlicher aber zeigt sich hier das Aufhören aller drüsigen Anhänge nach dem Parenchym zu. Uebrigens scheint auch die Verzweigung und schliessliche Vertheilung zum Parenchym bei den Gallengängen des Schweins etwas abweichend von der beim Menschen. Dass aber der Bau der Schweinsleber überhaupt, wie die Meisten annehmen, von dem der anderen Säugethiere ganz verschieden sei, halte ich für noch nicht bestimmt erwiesen.

Bei einer Leber vom Meerschweinchen sah ich dagegen fast

gar nichts von Drüsen oder drüsigen Gebilden. Es scheint also schon aus dem Wenigen, was ich von Thierlebern betrachtet habe, hervorzugehen, dass die drüsigen Gebilde an den Gallengängen bei den verschiedenen Thieren in sehr verschiedener Weise, bald stark und bald schwach, entwickelt sind. Und auch dies spricht gegen ihre Betrauung mit einer so hohen Aufgabe, wie die Gallenbildung ist.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Ein kleiner injicirter Gallengang aus der Fossa transversa, der zu beiden Seiten des Lumens die drüsigen Anhänge sehr deutlich gruppirt zeigt. Vergrösserung ca. 50.

a. Bindegewebe der Fossa transversa.
b. Wand des Ganges mit den drüsigen Gebilden.
c. Lumen des Ganges.

Fig. 2. Stück eines Verbindungsganges zwischen dem Stamm des Ductus hepaticus und einem seiner beiden Hauptäste, dessen Wand grosse traubige Drüsen zeigt; injicirt. Vergröss. ca. 20.

a. Bindegewebe der Fossa transversa.
b. Wand des Ganges mit den Drüsen.
c. Lumen des Ganges.

Fig. 3. Stückchen aus dem Gallengangsnetz der Fossa transversa einer Kindsleber, nicht injicirt. Die Gänge sind mit krümlicher Masse (zerfallenem Epithel etc.) gefüllt. Vergröss. 60.

a. Lumen der Canäle, mit sehr wenigen drüsigen Anhängen.
b. Wand der Canäle.
c. Bindegewebe der Fossa transversa.

Fig. 4. Stelle vom Rand der Fossa transversa, wo Gallencanälchen von der Oberfläche in das Parenchym treten; injicirt. Vergr. 10.

a. Stärkere, noch mit vielen Anhängen des Lumens versehene Gänge.
b. Kleine glatte Gänge, dicht vor dem Eintritt in das Parenchym abgeschnitten.
c. Bindegewebe der Fossa transversa.

Fig. 5. Ein kleiner Gallengang aus dem Inneren der Lebersubstanz, injicirt; der begleitende Ast der Vena portarum ist entfernt. Vergröss. 12.

a. Lumen des Ganges, wo es noch weiter und mit Ausbuchtungen versehen ist.

b. Lumen, wo es glatt ist und nicht viel weiter, als das der Ductus interlobulares.
c. Ein grösserer Seitenast des Ganges.
d. Der begleitende Ast der Arteria hepatica.
e. Bindegewebe, theils der Wandung des Ganges, theils der verbindenden Capsula Glissonii zugehörig.
f. Lebersubstanz.
g. Seitlich abgehende Ductus interlobulares, grösstentheils nur eine kleine Strecke weit injicirt.
h. Einige seitlich abgehende allerfeinste Ductus, an deren Ende Andeutungen der künstlichen Injectionsfiguren zu sehen sind.

Fig. 6. Stück eines Querschnittes der Wand des Ductus hepaticus. Vergröss. ca. 20.
a. Innere circuläre Schicht.
b. Aeussere longitudinale Schicht.
c. Benachbartes Zellgewebe, mit vielem Fett.
d. Drüsen.
e. Querdurchschnittene Arterienstämmchen.
f. Querdurchschnittenes Nervenstämmchen.

Fig. 7. Querschnitt eines kleinen Portalcanals. Vergr. ca. 50.
a. Vena portarum.
b. Arteria hepatica.
c. Gallengang, dessen Wand kernähnliche Körper zeigt.
Die Begrenzung der Wände dieser drei Canäle ist sehr undeutlich.
d. Schräg getroffene Arterienstämmchen.
e. Ein schräg getroffenes Nervenstämmchen.
f. Lebersubstanz.

Bemerkungen über eine neue Diplogaster-Art.

Von

Elias Mecznikow aus Charkow.

Hierzu Taf. XII.

Die Gattung *Diplogaster* ist von Max Schultze festgestellt, der ein Männchen einer Art, *Dipl. micans*, in den Icones zootomicae von Carus (Taf. VIII. Fig 1.) abgebildet hat. Eine andere Art, *D. longicauda*, ist unlängst von Claus entdeckt[1]). Diese beiden Arten kennen wir nur nach Abbildungen, da keiner der genannten Forscher ihre Arten beschrieben hat.

Mir gelang es, eine neue Art dieser Thierchen aus der Fam. *Anguillulidea*, Ordn. *Odontostomata* Diesing aufzufinden. Diese Art glaube ich wegen der zwiefachen Erweiterung am Vordertheile des Darmcanals in die Reihe der *Diplogaster* stellen zu müssen, und da die von mir zu beschreibende Art durch drei entwickelte Zähne charakteristisch wird (*D. micans* besitzt zwei Zähne, *D. longic.* „mehrere zahnartige Spitzen"), so glaube ich das Recht zu haben, diese Art als *Dipl. tridentatus* zu bezeichnen. Andere Besonderheiten dieser Art will ich bei der Beschreibung derselben hervorheben.

Das reife Weibchen dieser Art misst circa 1,5 Mm. in der Länge, wodurch sie sich schon von *D. longic.*, dessen Weib-

1) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. XII. 1862 S. 354, 355 und Taf. XXXV. Fig. 6.

chen nur 0,5 Mm. misst, unterscheiden lässt. Das Männchen ist etwas kürzer und hat eine Länge von ungefähr 1,3 Mm.

Der cylindrische Körper des *D. trid.* nimmt an seinen beiden Enden etwas an Breite ab. Seine Breite beträgt ungefähr (beim Weibchen) 0,03 Mm.; an der Stelle, die der zweiten Erweiterung des Darmcanals entspricht, beträgt sie 0,02 Mm.; nahe am Munde nimmt die Breite noch mehr ab. Auf der anderen Seite wird der Körper vom Anus an schmäler und schmäler, bis er endlich in den Schwanz übergeht, der übrigens viel länger ist, als beim *D. micans*, erreicht aber nicht die Länge des *D. longic.*, bei dem die Länge des Schwanzes fast ein Drittel des ganzen Körpers ausmacht. Das Männchen des *D. trid.* ist überhaupt schmäler als das Weibchen: seine grösste Breite beträgt nicht mehr als 0,025. — Ausser den beiden eben beschriebenen Verengerungen existirt noch eine kleine Vertiefung, in der sich die Geschlechtsöffnung befindet.

Die Oberfläche des Körpers ist bei dem *D. trid.* mit Querstreifen bedeckt, die ziemlich gedrängt bei einander liegen; diese Fältchen sind manchmal so stark entwickelt, dass die freien Ränder des Körpers wie gezackt erscheinen. Unter diesem Chitinlager folgt eine zweite Schicht, der von vielen Autoren die Bedeutung der Cutis zugeschrieben wird. Bei einigen Nematoden, welche in die Familie der *Anguillulidea* hin gehören, wird von den Autoren eine quergestreifte Schicht beschrieben, die musculöser Natur sein soll. Schultze bildet diese Schicht auch bei *D. micans* ab. Bei *D. trid.* konnte ich sie nicht finden, sogar bei Betrachtung des Thieres mit ziemlich starken Vergrösserungen; ich bin vollkommen überzeugt, dass bei *D. trid.* nicht nur keine subcutane, sondern überhaupt gar keine Muskeln existiren. Zu diesem Schlusse brachten mich (andere Belege sollen bei der Beschreibung des Darmcanals beigebracht werden) Beobachtungen über die Wirkung verschiedener Reagentien an dem Leib der *Diplogaster*.

So fand ich, dass Elektricität durchaus keine energischen Bewegungen bei den *Diplogaster* hervorruft, während das doch der Fall ist bei Infusorien, die gar keine Muskeln besitzen, ja sogar bei den Bewegungen einiger Pflanzengewebe.

Wandte ich bei meinen Versuchen den stärksten Strom an, den nur ein grosser du Bois-Reymond'scher Schlittenapparat in Verbindung mit einem Element Grove geben kann, so beobachtete ich augenblicklichen Tod aller *Diplogaster*; ein schwächerer Strom tödtete nur die jungen Thierchen; die vollständig entwickelten *Diplogaster* äusserten den Einfluss desselben Stromes nur dadurch, dass sie sich langsam bewegten. Wurde der Strom durch das weitere Auseinanderschieben der Rollen noch mehr geschwächt, so konnte sein Einfluss auf das Leben dieser Würmchen gar nicht bemerkt werden. Ebenso verneinend fielen die Resultate meiner Beobachtungen über die Wirkung einiger Substanzen aus, die auf den Muskel charakteristisch wirken. Solche negative Resultate erhielt ich beim Gebrauch des Veratrins, das ich als unfiltrirtes Decoct hier gebrauchte[1]); ebenso wenig wirkt verdünnte Salzsäure (einprocentige Lösung). Ganz solche Resultate erhielt auch Davaine[3]) bei seinen Beobachtungen über die Wirkung der Narcotica und Irritantia auf *Anguillula tritici*.

Zu beiden Seiten der Mundöffnung befinden sich zwei unbewegliche Zähne (Fig. 1. 4. a.), die mit einer oder zwei scharfen hervorstehenden Spitzen versehen sind; ein jeder dieser Zähne entsteht durch das Verwachsen zweier kleineren Zähne; von der Richtigkeit dieser Angabe kann man sich an jungen Individuen überzeugen, bei denen die Urform dieser Zähne noch deutlich zu erkennen ist.

Zwischen diesen zwei unbeweglichen Zähnen sitzt ein drit-

1) Vorläufig sei es bemerkt, dass dieselbe Veratrinlösung niemals ohne Wirkung auf solche Organismen, die wahre Muskeln besitzen, bleibt. So z. B. habe ich gesehen, dass Veratrin bei *Rotifer vulgaris* starke Zurückziehungen und Streckungen des vorderen Körpertheiles hervorruft, und dass das Thierchen nach Verlauf einer kurzen Zeit in gestreckter Lage zu Grunde geht.

2) Ich erachte es für nothwendig, diejenigen, die meine Versuche wiederholen wollen, auf einen Umstand aufmerksam zu machen, der zu Irrthümern führen kann. Ich will nämlich darauf hinweisen, dass Zusatz von Flüssigkeiten zum mehr concentrirten Medium, in welchem die Würmer schwimmen, stärkere Bewegungen hervorrufen kann.

3) L'anguillule du blé niellé. Paris 1856.

ter, beweglicher (Fig. 1. 2. 4—6.), der nur mit seiner Basis befestigt ist, so dass er sich nach zwei Richtungen hin bewegen kann. Dieser Zahn unterscheidet sich auch durch seine Form von den unbeweglichen: er ist unter einem rechten Winkel gebogen, und in der Mundhöhle so gelagert, dass die Spitze des Winkels nach oben schaut. An diesen beweglichen Zahn befestigt sich eine lange Horngräte, die beim Eintritt in die erste Erweiterung des Darmcanals in eine längliche ovale Anschwellung übergeht, worauf sie ihre früheren Dimensionen annimmt, um in den Darm überzugehen, wo sie, nachdem sie einige Windungen gebildet hat, verschwindet. Diese Horngräte (Fig. 1. 2. 4—c.) ist ein verhältnissmässig ziemlich breiter aber sehr dünner Streifen, der gewisse Bewegungen vollziehen kann; diese Bewegungen sind der Art, dass die Horngräte bald als ein dunkler Faden, bald als ein durchsichtiges Blatt, das fälschlich als Canal gedeutet werden könnte, erscheint, je nachdem dieses Gebilde mit seiner scharfen Kante oder mit seiner Fläche dem Beobachter entgegensteht. Diese Bewegungen werden am häufigsten während der Aufnahme der Speise vollzogen, obgleich ich solche Bewegungen auch dann beobachtet habe, wenn das Thier gar keine Speise zu sich nahm.

In gleicher Höhe mit der Basis der Zähne beginnt der dickwandige Oesophagus, der 0,086 Mm. von seinem Anfange seine erste Erweiterung bildet. Die Mitte dieser Speiseröhre wird von einem Canal durchsetzt, der auch eine Erweiterung erleidet und sich bis an den Darm fortsetzt, wo er auch mündet. In diesem Canale ist die eben beschriebene Horngräte eingeschlossen. Sowohl die Speiseröhre mit seiner Erweiterung, als auch die Wände des erweiterten, innen liegenden Canals sind mit Querstreifen bedeckt, und dieser Umstand ist auch Ursache, dass viele Forscher dem Oesophagus und seiner Erweiterung (Knopf) eine Muskelnatur beilegten[1]). Ich bin vollkommen überzeugt, dass eine solche Ansicht falsch ist, da gegen

1) Die Benennung „musculöser Oesophagus" ist sogar in die Charakteristik der Gattungen aufgenommen. S. Dujardin, Histoire naturelle des Helminthes. 1845. S. 233, 235 u. s. w.

dieselbe, ausser den eben angeführten Thatsachen, noch der Umstand spricht, dass der Oesophagus und seine Erweiterung an der Fortbewegung der Speise durchaus keinen Antheil nimmt, da die Weiterbeförderung durch die Bewegungen der Horngräte erzielt wird. Ueberhaupt haben die Querstreifen der Speiseröhre nichts gemein mit den Muskelfaser.

Gleich hinter der ersten Erweiterung beginnt allmhälich die zweite, welche eine kolbenartige Form hat, und dadurch unterscheidet sie sich von der Erweiterung des *Dipl. micans*, die keine Wölbungen bildet, sondern in zwei Lappen ausläuft; die Mitte dieser Erweiterung nimmt ein centraler Canal ein, in welchem die Horngräte sich lagert. Die Peripherie der zweiten Erweiterung nehmen ungefähr zehn runde Zellen (Fig. 4. d.) ein, von denen die vier unteren die grössten sind und einen Kern zeigen. Bei *D. micans* finden wir drei untere kernlos abgebildet (Fig. 1. v.), bei *D. longic.* nur zwei. Wahrscheinlich sind die übrigen Zellen von den genannten Forschern übersehen worden. Eine Zelle solcher Art hat Davaine am sog, Magen der *Ang. tritici* beobachtet, hielt sie aber mit Unrecht für eine Nervenzelle, da alle diese Zellen vollkommen geschlossen sind und weder Anastomosen noch Ausläufer darbieten. Mit viel mehr Recht glaube ich diese Zellen zu den Secretionsorganen rechnen zu können.

Die Speiseröhre mündet in einen langen Darm (Fig. 1. 2. e.), der sich an den Stellen, wo die Körperhöhle von den Geschlechtsorganen nicht eingenommen ist, erweitert. Auf den Wänden des Darmcanals befinden sich Haufen von Körnchen, hin und wieder ziemlich regelmässig gelagert; nie aber wollte es mir gelingen, die sog. Leberzellen zur Ansicht zu bekommen. Am Ende geht der Speisecanal in zwei durchsichtige Lappen über, die, sich zu einem Canale verbindend, den Anus bilden.

Um die Beschreibung der Organe des individuellen Lebens abzuschliessen, muss ich noch einiger von mir sehr oft gesehenen Bläschen Erwähnung thun, die höchst wahrscheinlich zum Wassergefässsystem gehören. Zwei solcher Bläschen, die ich pulsiren sah, liegen dicht neben einander unter dem After. Ausserdem sah ich noch ein drittes Bläschen, das viel nie-

driger als die zwei ersten liegt und einen langen, feinen, subcutanen Canal.

Der männliche Geschlechtsapparat besteht aus einem einfachen Sack, der vollkommen mit Samenbläschen angefüllt ist, er besitzt eine viel beträchtlichere Weite, als der Sack des *D. micans*; doch fehlt in ihm das gebogene, fein zugespitzte Ende, wie wir es beim *D. micans* finden. Die Conturen dieses Sackes sind so zart, dass es oft unmöglich wird, seinen oberen Theil genau zu durchmustern, wo er noch ausserdem theilweise vom Darmcanal bedeckt wird. Der Samensack läuft in einen Penis aus, der durch den Anus hindurch aus der Körperhöhle hervortritt (Fig. 2. m.). Vom Penis der *D. micans* zeichnet er ausser seiner grösseren Längs sich noch dadurch aus, dass bei ihm eine vollständige Verwachsung der beiden ursprünglichen Spiculae zu Stande kommt. Nur nach Anwendung des Compressoriums können wir uns von seiner Herkunft aus zwei verwachsenen Spiculae überzeugen.

Die weiblichen Geschlechtsorgane bestehen aus zwei Eierstöcken, die dieselbe Form haben, wie sie überhaupt bei der Fam. der *Ang.* angetroffen wird. Die Eierstöcke münden in einen ziemlich weiten Uterus, der nach der Mitte des Körpers zu schmäler wird und dann in die Vagina übergeht. *Dipl. trid.* gehört zu den Ovoviviparen; an einem Individuum konnte ich 25 Eier zusammenzählen, in denen die junge Brut, in verschiedenen Entwickelungsphasen begriffen, eingeschlossen lag. Als allgemeine Regel kann hier das gelten, dass die der Vagina näher gelegenen Eier auf einer höheren Entwickelungsstufe stehen, als die mehr entfernten. Die ursprünglich runde Form des Eies geht später in eine ovale über. Hat der Furchungsprocess sein Ende erreicht, so zeigt der Inhalt des Eies eine quere Theilung, durch welche eine Entwickelung des Keimes nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin bedingt wird. Das hintere Ende, der zukünftige Schwanz, wird immer schmäler und länger, während das vordere Ende ziemlich breit bleibt. Indem der Fötus an Länge zunimmt, rollen sich unterdessen seine beiden Enden zusammen, wodurch die Membran des Eies in horizontaler Richtung gespannt wird, so dass die Eier,

die der Geschlechtsöffnung am nächsten liegen, eine vollkommen horizontale Lage annehmen und schmäler aber länger als die übrigen Eier erscheinen. Doch geht eine solche Dimensionsveränderung ziemlich allmählich vor sich, wie diese folgenden Messungen zeigen:

	Länge.	Breite.
Erstes Ei von der Vagina an gezählt	0,05328 Mm.	0,02331 Mm.
Zweites Ei „ „ „ „ „	0,04995 „	0,02331 „
Drittes Ei „ „ „ „ „	0,04662 „	0,02997 „

Während die Jungen sich noch im Mutterleibe befinden, kann man an ihnen keine differenzirten Organe erkennen: die Körperhöhle ist mit Körnchen von verschiedener Grösse angefüllt; übrigens kann man an einigen vier noch nicht verwachsene Zähne erkennen. Die Länge des Thierchens, das eben den Mutterleib verlassen hat, beträgt ungefähr 0,5 Mm.; später sieht man in der Mitte des Körpers sich Körner anhäufen, die den Anfang des Darmcanales bilden, und schon in dieser Periode kann man in der Darmröhre recht viele Chlorophyllkörner finden.

Die Geburt der Jungen führt fast immer den Tod der Mutter mit sich, die bei diesem Acte gewöhnlich platzt, so dass alle Eingeweide des Thieres nach aussen treten. Dabei müssen natürlich viele nicht vollständig entwickelte Keime zu Grunde gehen.

Die Begattung des *D. trid.* geht im März und im April vor sich; dann kann man fast in jedem Weibchen befruchtete Eier vorfinden. Ich fand *D. trid.* im Flusswasser, das eine Menge Algen und Infusorien enthielt, und da die Chlorophyllkörner ihnen zur Nahrung dienen, so wird man sie am sichersten in Wasser finden, das viel Chlorophyll enthält.

Erklärung der Abbildungen.

a. Unbewegliche Zähne.
b. Beweglicher Zahn.
c. Horngräte.
d. Zellen der zweiten Darmerweiterung.

e. Darm.
f. After.
g. Vagina.
h. Ovarien.
k. Eier mit Embryonen in verschiedenen Entwickelungsphasen.
l. Samendrüsen.
m. Penis.
n. Eier im Furchungsprocesse begriffen.

1. Weibchen des *Dipl. trid.*
2. Männchen derselben Art.
3. Ein junger *Diplogaster.*
4. Vorderer Körperabschnitt bei 450facher Vergrösserung.
5. Anfang des Hoden.
6. Weiblicher Genitalapparat.
7. 8. u. 9. Verschiedene Entwickelungsphasen des *Diplogaster*-Embryo.

Anatomische Bemerkungen über Branchiobdella parasita (Braun) Odier.

Von

WILHELM KEFERSTEIN M. D. in Göttingen.

(Hierzu Taf. XIII.)

In seiner anatomischen Beschreibung des Flusskrebses erwähnt Rösel[1]) auch eines merkwürdigen blutegelartigen Schmarotzers desselben, unserer jetzigen Gattung *Branchiobdella*, von dem und von dessen Eiern er ganz kenntliche Abbildungen und mehrere Züge aus seiner Lebensweise, wie z. B. seine eigen-

1) Monatlich herausgegebene Insectenbelustigungen. 3. Theil. Nürnberg 1755. 4. S. 327—328. Suppl. Taf. 59, Fig. 19—22.

thümliche Fortbewegungsart mittheilt. Obgleich Rösel's Abbildungen in die Encyclopédie méthodique[1]) übergingen, fand dieser bemerkenswerthe Schmarotzer doch keine Beachtung und Joh. Fried. Phil. Braun[2]) konnte ihn von neuem entdekken und 1805 als *Hirudo parasita* beschreiben und abbilden. Auch Abildgaard[3]) beschreibt, unabhängig davon, unser Thier als *Hirudo Astaci*, jedoch viel weniger genau als der Berliner Forscher.

Aug. Odier[4]), dem von seinen Vorgängern allein Rösel bekannt war, liefert uns dann die erste genaue Beschreibung und anatomische Untersuchung des Krebsegels, auf den er eine neue Gattung *Branchiobdella* gründet, und obwohl er noch nicht das zusammengesetzte Mikroskop bei seiner Arbeit anwandte, erkannte er doch ziemlich genau die eigenthümlichen Eingeweide. Mit besseren Mitteln unternahm dann Henle[5]) die Untersuchung der *Branchiobdella* und brachte unsere Kenntniss der anatomischen Verhältnisse derselben in den Zustand, worin sie wesentlich sich noch jetzt befindet. Vallot in Dijon, der unsere Thiere von Demerméty, dem sie schon seit 1794 bekannt waren, erhielt, ändert den von Odier gegebenen Namen derselben, nachdem er sie früher[6]) als *Hirudo Astaci*, also

---

1) Entomologie. Pl. 289. Fig. 11—14. „Espèce de ver ou de larve que l'on trouve quelquefois dans l'écrevisse fluviatile en décembre et janvier." Latreille.)

2) Systematische Beschreibung einiger Egelarten. Berlin 1805. 4. S. 46—49. Tab. V. Fig. 1—4.

3) In Otho Friedr. Müller Zoologia Danica. T. IV. Hafniae 1806. p. 45. Tab. 159. Fig. B. 1—3.

4) Mémoire sur le *Branchiobdelle*, nouveau genre d'annelides de la famille des *Hirudinées*, in Mêmoires de la Société d'histoire naturelle de Paris. T. I. Paris 1823. 4. S. 70—78. Pl. IV. (Lu à la Soc. philom. en novembre 1819.)

5) Ueber die Gattung *Branchiobdella* und über die Deutung der inneren Geschlechtstheile bei den Anneliden und hermaphroditischen Schnecken, im Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1835. S. 574—608. Taf. XIV.

6) In seiner Détermination de plusieurs Poissons mentionnés par Aristote in Mémoires de l'Académie des Sciences etc. de Dijon. Années 1837. 1838. Dijon 1839. 8. Sciences. p. 71—77.

zufällig gerade wie Abildgaard, bezeichnet hatte, in *Astacobdella branchialis* um [1]). Den Namen *Branchiobdellion* hatte nämlich Rudolphi schon vor Odier an jenen kiementragenden Blutegel vergeben, den wir jetzt mit Savigny als *Branchellion* bezeichnen, aber Rudolphi's Name wurde nirgends veröffentlicht und nur als Sammlungsnamen gebraucht, obwohl Rudolphi ihn mit jenem Kiemenegel nach Paris mittheilte. Savigny [2]) konnte deshalb mit Recht [3]) dies letztere Thier mit einem neuen Namen als *Branchellion* bezeichnen, obwohl er dafür keinen Grund angiebt und als Synonym einfach dabei anführt *Branchiobdellion* Rud. Collect. Der von Odier dem Krebsegel nun gegebene Name *Branchiobdella* ist deshalb für diesen der allein gültige, und van der Howen und Grube gebrauchen ihn auch in diesem Sinne, während Diesing [4]) allerdings den Krebsegel mit Vallot als *Astacobdella*, den Kiemenegel als *Branchiobdella* Rud. bezeichnet.

Schon vor Henle hatte Delle Chiaje [5]) einige recht genaue Angaben über die Anatomie von *Branchiobdella* gemacht, die sich jedoch nur auf das Nervensystem und das Gefässsystem erstrecken, und nach ihm beschäftigte sich mit den Geschlechtsorganen derselben Kölliker [6]), der die Bildungsweise der Zoospermien genau erkannte.

---

1) In seiner Abhandlung: Sur l'écrevisse fluviatile et sur son parasite *l'Astacobdèle branchiale* in Compte rendu des Travaux de l'Académie des Sc. etc. de Dijon et Mémoires. Années 1843—1844. Dijon 1845. 8. Sciences. p. 103—109.

2) Système des Annélides in Descript. de l'Égypte. Hist. nat. T. I. Paris 1809 fol. p. 109.

3) Blainville bestreitet allerdings dieses Recht und nimmt für den Kiemenegel Rudolphi's Namen an. Diction. des Scienc. nat. T. 57. 1828. S. 556.

4) Systema helminth. I. 1850. 433. und Revision der Myphelminthen. Abtheil. Bdellideen. Sitz.-Ber. der math.-naturw. Classe der K. Akad. d. Wiss. in Wien. XXXIII. 1858. S. 487. 488.

5) Istituzioni de Anatomia e Fisiologia comparata. T. I. Napoli 1832. 8. p. 124 u. 310.

6) Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere nebst einem Versuch über das We-

Man hat verschiedene Arten unter den Egeln unseres Flusskrebses annehmen wollen, so unterscheidet Henle z. B. seine Art als *B. parasita* von der Odier'schen (*B. Astaci*), und Diesing, der diese beiden mit Recht zusammenzieht und sie als *Ast. Roeselii* bezeichnet, betrachtet den *Hirudo Astaci* des Abildgaard als eine zweite Art (*Ast. Abildgardii*). Diese letztere Art wäre sicher eine besondere, wenn man Abildgaard's Beschreibung vertrauen dürfte und man die vier Haken am Kopfe nicht als eine Täuschung, vielleicht durch die Retractoren des Schlundes hervorgerufen, ansehen müsste. Wir erhalten danach für unsere *Branchiobdella parasita* folgende Synonymik:

Hirudo parasita Joh. Friedr. Phil. Braun 1805,
Hirudo Astaci Abildgaard 1806, Vallot 1839,
Branchiobdella Astaci Odier 1823, Delle Chiaje 1832, Moquin-Tandon 1846, Grube 1850, Carus 1863,
Branchiobdella parasita Henle 1835, Kölliker 1841,
Astacobdella branchialis Vallot 1845,
Astacobdella Roeselii Diesing 1850,
Astacobdella Abildgaardii Diesing 1850.

Allgemeine Beschreibung. Der Körper der *Branchiobdella* ist langgestreckt, wurmartig und platt. Das erste Segment, der Kopf, ist deutlich vom Rumpf abgesetzt, abgestutzt eiförmig und vorn in zwei horizontale Lippen gespalten. Der Rumpf selbst ist aus neun Segmenten zusammengesetzt und endet hinten mit einem auf der Bauchseite liegenden Saugnapf. Aussen ist der Egel unregelmässig geringelt und meistens kommt auf jedes Segment eine längere vordere und kürzere hintere Ringabtheilung, die jedoch mit der Segmentirung des Körpers, welche durch die Ganglien des Nervenstrangs und die Dissepimente der Körperhöhle bestimmt wird, nicht verwechselt werden darf. Diese unregelmässige Ringelung hat Odier veranlasst 17, Henle bis 30 Segmente anzunehmen, und erst Delle Chiaje giebt richtig an, dass nur 10 Segmente vorhanden sind. Durch Dissepimente abgetheilt sind überdies, ausser dem Kopfe, nur 8 Segmente, da nur 7 solche Scheidewände den Körper durchsetzen, aber in der letzten der so entstandenen Abtheilungen finden sich zwei Nervenganglien, so dass man sie als aus zwei verschmolzenen Segmenten ansehen muss.

Vorn am Kopf beginnt bei *o* zwischen zwei horizontalen Lippen, die wie ein Saugnapf wirken können, der Verdauungstractus mit einem Schlund, der die schon von Rösel gesehenen, aber für Augen gehaltenen zwei kleinen Kiefer *k* ent-

---

sen und die Bedeutung der sog. Samenthiere. Berlin 1841. 4. S. 18—20. Taf. II. Fig. 16. a—f.

hält, läuft dann gerade durch den Körper, in jedem Segment sich bei starker Füllung bauchartig erweiternd, und endet an der Rückenseite vor dem Saugnapf. Sehr bemerkenswerth sind im Körper die Segmentalorgane *s*: das 2te Segment ist davon frei, dagegen enthält das 3te und 4te ein solches auf der einen, das 4te und 5te ein solches auf der anderen Körperseite, und im 9ten bis 10ten Segment findet sich jederseits eins. Im 6ten Segment liegt der Hoden *t* und die Samentasche *r*, im 7ten der Penis *p* und im 8ten der Eierstock *ov*.

Das Nervensystem besteht aus einem Schlundring im Kopfe und aus einem Bauchstrang, der im Rumpfe neun Ganglien bildet, von denen die peripherischen Nerven ausstrahlen. Im Gefässsystem unterscheidet man ein im vorderen Körpertheile contractiles Rückengefäss *c* und ein Bauchgefäss *b*, das dicht über dem Nervenstrang liegt und vorn und hinten einige Schlingen nach dem Rücken abgiebt.

Im letzten Segment befinden sich mehrere birnförmige Drüsen *d'*, die im Saugnapf nach aussen münden. Sie haben einen Inhalt aus kleinen mit groben Körnchen gefüllten Zellen. In einzelnen Reihen sieht man diese Körnchen im langen Ausführungsgange liegen. Aehnliche Drüsen *d* finden sich auch vorn an den Seiten des Kopfes und führen ihr körniges Secret an der Bauchseite zwischen den Lippen aus.

Körperwand. Dieselbe wird wesentlich aus Muskeln gebildet, bei denen man eine innere Schicht Längsmuskeln und eine äussere Schicht Ringmuskeln unterscheiden muss. Die Längsmuskeln bilden einen geschlossenen Sack und sind in bandförmigen, etwa 0,06—0,08 Mm. breiten Bündeln dicht an einander gelagert; die Ringmuskeln, welche etwa 0,008 bis 0,012 Mm. breite Bündel bilden, liegen nicht an einander, sondern erscheinen als einzelne schmale Ringe, zwischen denen an den meisten Körperstellen 0,02—0,04 Mm. breite Zwischenräume bleiben. Hin und wieder sieht man einzelne Muskelstreifen in diagonaler Richtung auslaufen.

Diese Zwischenräume der Ringmusculatur sind von einer mächtig entwickelten Drüsenlage (Fig. 4.) der Haut ausgefüllt, welche meistens sich auch unter die Ringmuskeln drängt und diese dadurch von der Längsmusculatur abhebt. Am Kopfe fehlen die Drüsen, am Hintertheil des Körpers sind sie am ausgebildetsten. Diese Drüsen stellen ovale, längliche, etwa 0,04 Mm. grosse Gebilde dar, die ziemlich regelmässig in Reihen um den Körper ziehen und in denen sich ein geschlängelter oder verknäuelter Canal befindet, welcher als der eigentlich absondernde Theil anzusehen ist. Wenn er leer ist, so hat er nur etwa 0,004—0,006 Mm. Dicke, wenn er aber gefüllt ist (Fig. 4. *d'*), nimmt er den ganzen Raum der Drüse ein, Schlängelungen und überhaupt der Canal sind nicht mehr deutlich zu erkennen und die Drüse erscheint ziemlich gleichförmig mit groben eckigen Körnchen gefüllt. In einzelnen

Streifen sieht man bei Druck aus der Drüse das Secret hervortreten.

Am Kopf ist die Längsmusculatur besonders stark, dagegen sind die Ringmuskeln schmal und liegen weit aus einander, nur an den Lippen erreichen diese eine beträchtliche Ausbildung.

Aussen ist die Körperwand von einer dünnen (0,001 Mm.) Cuticula bekleidet, die ich nur an macerirten oder in Glycerin aufbewahrten Exemplaren gut erkennen konnte, ebenso wie die Zellenlage darunter, welche aus 0,012—0,016 Mm. grossen Zellen besteht. Sofort dagegen sieht man aber, dass die innere Seite der Körperwand, also der Längsmusculatur, von einem sehr schönen Epithel bekleidet wird, das aus 0,04 bis 0,06 Mm. grossen runden, ganz klaren Zellen gebildet ist, die durch ihren schönen, 0,004 Mm. grossen Kern besonders in die Augen fallen.

Ganz zerstreut am Körper finden sich auf der Cuticula einzelne feine steife Borsten, die am Kopf zahlreicher werden und dort besonders vorn an den Lippen in einzelnen Haufen zusammenstehen, wie es Henle schon angiebt. Derselbe Verfasser beschreibt auch papillenartige Vorsprünge an den Lippen; bei starkem Druck habe ich auch solche gesehen, möchte sie aber nur für zufällig daran entstandene Vortreibungen halten.

Verdauungstractus. Vorn ist der Kopf, wie schon angegeben, in zwei horizontale Lippen gespalten, von denen die untere die obere etwas überragt und zwischen denen im Grunde sich der Mund *o* öffnet. Soweit er im Kopfe verläuft, nennen wir den Verdauungstractus Oesophagus und bemerken, dass er mit vielen, schräg nach vorn ziehenden, kräftigen Muskeln *m* an die Körperwand geheftet ist, die ihn zu Saugbewegungen nach hinten ziehen und ausdehnen können. Man unterscheidet an ihm eine besonders starke äussere Ringmusculatur und innere schwächere Längsmuskeln. Gleich hinter dem Munde befinden sich im Oesophagus die beiden dreieckigen Kiefer *k*, welche schon Rösel und Braun als dunkle Flecke bekannt waren. Sie liegen fast gerade über einander (Fig. 1. *k*), der eine an der oberen Wand etwas weiter nach vorn, der andere an der unteren Wand, etwas weiter nach hinten. Sie haben eine dreieckige pyramidale Gestalt und sitzen mit breiter Basis der Schlundwand an, meistens ihre Spitzen beide nach hinten gerichtet, bisweilen aber haben sie diese dem Lumen des Schlundes zugekehrt. Ihre Basis ist etwa doppelt so lang wie ihre Höhe und sie stellen deshalb niedrige gleichschenklige Dreiecke vor. Bei Exemplaren von mittlerer Grösse (Fig. 2.) misst die Basis 0,16 Mm. Aussen sind die beiden gleichen Seiten des Dreiecks zugeschärft, und bei kleinen Exemplaren (Fig. 3.), wo die Kiefer an der Basis nur 0,08 Mm. messen, tragen diese Seiten zwei kleine Zähne, die ich aber nur für einen Jugendzustand halten kann. Die gleichen Seiten des Dreiecks sind

nicht gerade, sondern etwas concav, so dass die Spitze schärfer ist, wie sie dem Dreicke eigentlich zukommt.

Der Darm verläuft ganz gerade durch den Körper und ist darin nur durch die sieben Dissepimente befestigt. Wenn er gefüllt ist, macht er in jedem Segment eine Ausbuchtung, deren Grösse sich aber ganz nach der Füllung richtet; leer ist der Darm ein einfacher Cylinder, der aber dann lang genug ist, in jedem Segment eine Krümmung machen zu können. Vor dem Saugnapf auf der Rückenseite befindet sich der After *a*. Der Darm ist sehr musculös und macht sehr kräftige Contractionen. Seine Wand besteht aus einer starken Muskelhaut, an der aber Ring- und Längsfasern nicht zu unterscheiden waren, und aussen aus einem schon von Henle erwähnten Belag eckiger oder runder, grobkörniger, 0,02—0,03 Mm. grosser kernhaltiger Zellen. Diese Zellen sitzen merkwürdiger Weise der Darmwand ziemlich lose auf, so dass sie, wenn der Darm kräftige Bewegungen macht, leicht abfallen und frei in der Körperhöhle umhertreiben, wo man sie mit Eiern zuerst gern verwechselt. Innen ist der Darm überall mit Cilien besetzt.

Nervensystem. Dasselbe besteht aus dem Bauchstrange, der im Rumpfe neun Ganglien bildet, und dem Schlundring *sch* vorn um den Oesophagus. Das obere Schlundganglienpaar ist wenig ausgebildet und besteht aus zwei langen ovalen Massen, die durch eine breite Commissur verbunden sind. Gleich hinter diesen Ganglien liegen aber oben im Kopf zwei ähnliche längliche Ganglien, die durch mehrere in der Längsrichtung verlaufende Commissuren mit den wirklichen oberen Schlundganglien verbunden sind. Die unteren Schlundganglien sind ebenfalls unbedeutend und erscheinen als zwei kleine rundliche Anschwellungen an den Seiten der sehr breiten Commissur. Aus diesen breiten Commissuren bildet sich der Bauchstrang und verläuft im Kopfe nach hinten verjüngt zum Bauchstrang des Rumpfes, der ziemlich überall die gleiche Dicke behält. In der vorderen Hälfte des Kopfes zeigt der Bauchstrang aber jederseits noch fünf spitze dreieckige gangliöse Anschwellungen. Vielleicht darf man hierin Analoga der Bauchganglien erkennen und danach also den Kopf aus mehreren verschmolzenen Segmenten bestehend annehmen.

Der Bauchstrang wird von zwei ganz dicht an einander liegenden Strängen gebildet, die aus feinen längslaufenden Fasern bestehen. In jedem Segment, neunmal im Rumpfe, erweitert sich die Scheide des Stranges und nimmt an den Seiten desselben das Ganglion auf, welches sich deutlich als aus vier Abtheilungen zusammengesetzt zeigt, indem jede seitliche Hälfte in ihrer Mitte noch einmal wieder getheilt ist. Hier wie in allen Ganglien im Kopfe sieht man deutlich die dicht gedrängten Ganglienzellen, an denen der 0,006 Mm. grosse Kern besonders hervortritt. Aus jeder seitlichen Hälfte eines Bauchganglions entspringen an der Unterseite drei Nerven, welche

zu der Körperwand hinziehen. Der mittlere Nerv entspringt gerade über der Quertheilung des Ganglions und erhält einen Faserzug aus der vorderen, einen aus der hinteren Abtheilung. Der vordere wie der hintere Nerv entspringen zum Theil aus denselben Faserzügen und stehen gleich an ihrem Austritte aus dem Ganglion durch eine bogenförmige Quercommissur mit dem entsprechenden Nerven der anderen Seite in Verbindung.

Gefässsystem. Der Beschreibung Odier's a. a. O. S. 73. 74. Pl. IV. Fig. 20. a. b. c. kann ich hier nichts hinzufügen. An der Rückenseite verläuft vom 6ten Segmente an ein weites Gefäss *c*, das bis zum Kopfe hin contractil ist, in demselben aber die contractilen Wände verloren hat. Es scheint mir wie Odier dies Herz erst am 6ten Segmente zu beginnen, im hinteren Körpertheile bemerke ich keine Spur eines Rückengefässes. Vom 2ten bis 6ten Segmente ist dies Gefäss sehr weit und ausgezeichnet contractil in der Richtung von vorn nach hinten: wie bei vielen Anneliden zeigen seine Wände drei breite Längsstreifen eines feinkörnigen Pigmentes. Durch die ganze Länge des Körpers verläuft unmittelbar über dem Nervenstrange ein nicht contractiles Bauchgefäss, das im Kopf mit dem nicht contractilen Rückengefäss durch vier Schlingen in Verbindung steht, eine andere Schlinge findet sich zwischen ihm und dem Herzen im 2ten Segment. Andere Seitengefässe gehen von demselben hinten im 7ten Segmente hinter dem Eierstock ab und umziehen denselben unten und oben, in die grössten schlingenförmigen Seitengefässe theilt sich das Bauchgefäss aber ganz hinten im Körper über dem Saugnapf. Wie diese letzten beiden Paare von Schlingen im 7ten und 9ten Segmente enden, habe ich nicht ergründen können, das hintere Paar kann man auf der Rückenseite ziemlich weit nach vorn im 9ten Segment verfolgen, dann aber entziehen sie sich den Blicken. Vielleicht verbinden sich diese beiden Schlingenpaare unter einander.

Segmentalorgane. Es sind vier solcher Organe vorhanden, zwei im Vordertheile, zwei im Hintertheile des Körpers, und durch eine gelbe drüsige Masse an ihrer verknäueltesten Stelle fielen sie schon Odier auf, der sie als „glandes aplaties rougeâtres" beschreibt, und da er ein Stück ihres Ausführungsganges sah, sie mit den Respirationsblasen des Blutegels vergleicht. Viel genauer hat Henle ihren Bau erkannt und die zusammengewundenen, schleifenbildenden, flimmernden Canäle wie die Mündung derselben nach aussen richtig beschrieben.

Diese Segmentalorgane zeigen ganz den Bau, wie wir sie nun schon bei vielen Anneliden kennen: ein wimpernder Canal, der eine Oeffnung nach innen und eine andere nach aussen hin besitzt. Die innere Oeffnung *s''* liegt dicht an der gelben drüsigen Masse und besteht aus einem füllhornartigen Mundstück, das mit längeren Cilien besetzt ist und sich alsbald in einen dünnen, vielfach zusammengewundenen Canal *s'''* ver-

jüngt. Dieser verknäuelte Theil des Wimpercanals ist eng von körnigen, gelbes Pigment enthaltenden Zellen umgeben und erscheint so zuerst wie eine gelbe drüsige Masse. An der einen Seite derselben treten aber die Wimpercanäle meistens in zwei eng an einander liegenden Schlingen s''', in denen also an jeder Stelle vier Canäle neben einander verlaufen, heraus und erstrecken sich weit hin durch die Körperhöhle, an der anderen Seite der gelben Masse dagegen tritt ein weiterer, etwa 0,024 Mm. starker Canal s'', der Ausführungscanal, aus, gelangt bald in das anliegende Segment und mündet dort mit einer einfachen runden, von wenigen Kreisfasern umgebenen Oeffnung s', die grosser Eweiterung fähig ist, durch die Haut nach aussen.

Das hintere Paar der Segmentalorgane hat seinen verknäuelten gelben Theil mit der inneren Oeffnung hinten im 9ten Segment, die Canalschlingen ziehen sich davon nach vorn bis zum Dissepiment des 8ten Segments, die Ausführungsgänge aber treten von der gelben Masse gleich in das 10te Segment, welches aber, wie angegeben, kein besonderes Dissepiment zu haben scheint, verlaufen darin an den Seiten nach hinten und münden etwa in der Höhe des Afters auf dem Rücken, aber ganz an der Seite des Körpers nach aussen.

Die beiden vorderen Segmentalorgane bieten eigenthümliche Verhältnisse dar. Beide münden nämlich im 4ten Segment oben auf dem Rücken nahe neben einander nach aussen. Das eine aber hat seine innere Oeffnung, den verknäuelten Theil und die langen bandförmigen Schlingen im 3ten Segment, das andere dagegen liegt mit dem verknäuelten Theile und der inneren Oeffnung im 4ten Segmente, mit den bandförmigen Schlingen im 5ten Segmente [1]). Diese beiden Segmentalorgane laufen also in ihrer Richtung gegen einander, und bei dem rechten liegt überdies die innere und äussere Oeffnung im selben Segmente. Ich glaube diese beiden Verhältnisse besonders anmerken zu müssen, da sie mir in der ganzen Classe der Anneliden nicht weiter vorzukommen scheinen.

Geschlechtsorgane. Die Geschlechter sind in einem Individuum vereinigt: der Hoden liegt im 6ten, sein Ausführungsgang im 7ten und der Eierstock im 8ten Segmente.

Der Hoden *t* (Leber Odier) füllt fast das ganze Segment aus und zeigt in sich alle Stadien der Entwickelung der Zoospermien, die dann theilweise frei und beweglich, theilweise noch zu Bündeln zusammen an der Mutterzelle haftend in den noch übrigen Theil der Körperhöhle im Segmente fallen. Bei

1) Bald liegt die innere Oeffnung mit der Drüsenmasse von dem vorderen Segmentalorgan an der linken Seite, von dem hinteren an der rechten, bald ist es umgekekrt. Unter 13 Fällen, die ich notirte, war 7mal die erste, 6mal die zweite Lage. Henle giebt nur den letzten Fall, Odier den ersten Fall an.

jungen Thieren zeigt es sich, dass der Hoden aus einzelnen Schläuchen besteht, die den Eindruck von zusammengewundenen Canälen machen (Henle). Nächst dem Hoden nimmt die Samentasche (Matrix Odier) den grössten Theil des Segmentes ein. Es ist dies eine grosse kugelige Blase, die schon Braun a. a. O. Taf. 5. Fig. 3. ganz deutlich abbildet, welche mit einem kurzen musculösen Ausführungsgang, dicht (links) neben dem Bauchstrang, an der Bauchseite des Segmentes ausmündet. Diese Mündung ist von kräftigen kreisförmigen Muskeln umgeben und kann sich ausserordentlich erweitern; auch die Blase kann sehr ihre Form ändern, im leeren Zustande zeigt sie meistens eine langgestielte birnförmige Gestalt und ihr Ausführungsgang macht einige Schlängelungen ehe er die Mündung erreicht. Die Wand der Blase besteht aus einer äusseren Muskelhaut und einem inneren Epithel von 0,02 Mm. grossen, runden, feinkörnigen Zellen.

Die Samentasche hat mit dem Hoden keinen Zusammenhang, wie es Henle und Kölliker annehmen, sondern scheint bei der Begattung von dem anderen Individuum mit Hodeninhalt gefüllt zu werden. Man findet in ihr fast stets Entwickelungszellen der Zoospermien und diese selbst in allen ihren Stadien bis zur lebhaften Beweglichkeit. Die Zoospermien haben einen 0,08 Mm. langen, fein schraubenartig gewundenen Kopf und einen drei- bis viermal längeren haarförmigen, steifen Schwanz. Ihre Bewegungen sind drehend und schlagend. Wagner[1]) beschrieb sie zuerst als „wie aus Kügelchen zusammengesetzt oder wie eine feine Perlschnur", was mit ungenügenden optischen Mitteln auch ganz der Eindruck des gedachten Kopfes ist. Siebold[2]) bildete dieselben dann zuerst richtig ab und Kölliker[3]) beschrieb genau ihre Entwickelungsweise, so dass mir nichts mehr hinzuzufügen bleibt.

Der Ausführungsgang für die Zoospermien ist ein langer gewundener Canal, dessen Windungen den grössten Theil des 7ten Segments ausfüllen. Er zerfällt in einen kürzeren drüsigen Theil, Vas deferens *vd* (Hoden Odier), und einen längeren ausstülpbaren Penis *p* (Odier). Der letztere Theil, der Penis, mündet *p'* in der Mitte des 7ten Segments an der Bauchseite dicht (links) neben dem Bauchstrang nach aussen und besteht aus zwei in einander steckenden Canälen, von denen der innere der Samenleiter ist und, wie schon Odier und Henle angeben, weit hervorgestreckt werden kann; der äus-

1) Ueber die Geschlechtswerkzeuge der Blutegel, in Archiv f. Anat. u. Physiol. 1835 S. 222.

2) Ueber die Spermatozoen der Crustaceen, Insecten, Gastropoden und einiger anderer wirbelloser Thiere, in Archiv f. Anat. u. Physiol. 1836. Tab. II. Fig. 8.

3) A. a. O. S. 18—20. Taf. II. Fig. 16. a—f.

sere aber durch seine Contractiou in der Längsrichtung den ersteren herausdrängt. Beide Canäle sind hinten, wo das Vas deferens beginnt, und vorn dicht hinter der Mündung *p'* mit einander verwachsen.

Durch die Contraction des äusseren Canals des Penis, der Penisscheide, wird der Penis vorn aus der Oeffnung hervorgestülpt, so dass, wie Henle schon angiebt, seine innere Wand dann die äussere wird. Eine Strecke weit nach hinten ist der Penis innen mit kleinen nagelförmigen Zähnchen besetzt, die also bei der Vorstülpung an der Aussenseite und nach rückwärts gerichtet sitzen. Wahrscheinich kann der Penis nicht viel weiter, als diese Zähnchen ihn besetzen, vorgestreckt werden, was zu seiner ganzen Ausdehnung nur eine unbedeutende Länge wäre. — Soweit nahe der Mündung der Penis mit seiner Scheide verwachsen ist, zeigt sich seine Wand sehr verdickt und wirkt wie ein kräftiger Sphincter.

Das Vas deferens *vd* bildet meistens nur eine querliegende Sförmige Windung, hat ein enges Lumen und sehr dicke, aus neben einander liegenden hohen Zellen bestehende Wandung. An seinem hinteren Ende münden in ihn hinein zwei feine Wimpercanäle, die an der rechten und der linken Seite das Dissepiment des 6ten Segments durchsetzen, sich dort trichterförmig mit lang bewimperter Mündung *w* öffnen und aus der Körperhöhle dieses Hodensegments die dort frei schwimmenden Zoospermien aller Entwickelungsstadien aufnehmen und zum Vas deferens führen. Ganz ähnliche doppelte, zum Vas deferens führende Wimpercanäle beschreibt neuerdings Claparède[1]) von *Lumbriculus variegatus* Gr., *Trichodrilus Allobrogum* Clap. und *Stylodrilus Heringianus* Clap.

Die Eierstöcke, die schon Odier als solche erkannte, liegen im 8ten Segmente und bilden zwei grosse dunkle Massen, an denen bei erwachsenen Exemplaren keine Structur mehr wahrzunehmen ist, die sich bei jüngeren aber als von kleinen Zellen gebildet, von einer Hülle umschlossen und dem Dissepiment des 7ten Segments anhaftend zeigen. Die einzelnen Eier, von denen man bis sechs im Eierstocksegment findet, messen etwa 0,3 Mm. Wie sie nach aussen gelangen, ist mir nicht klar; die hinteren Segmentalorgane, wie es Henle meinte, bilden nicht ihre Ausführungsgänge. Vielleicht treten sie durch einfache und vergängliche Spalten durch die Körperwand[2]).

---

1) Recherches sur les *Oligochètes*, in Mémoires de la Société de Phys. et d'Hist. nat. de Genève. T. XVI. 2 Partie. Genève 1862. 75 Seiten. 4 Taf. 4.

2) Aehnlich ist es vielleicht bei *Enchytraeus*; vergl. Buchholz, Beiträge zur Anatomie der Gattung *Enchytraeus*, in Schriften d. phys. ökonom. Gesellschaft in Königsberg. III. 1862. S. 125, und Claparède a. a. O. p. 57. Pl. II. Fig. 8.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. *Branchiobdella parasita* (Braun) Odier vom Flusskrebs, etwa 24mal vergrössert, von der Bauchseite. Der Darmcanal ist mässig gefüllt, Bauchstrang und Bauchgefäss sind in ihrer ganzen Ausdehnung sichtbar. ebenso bemerkt man im 1sten, 2ten, 8ten und 9ten bis 10ten Segment die von letzterem ausgehenden Seitengefässe.

o Mund.
a After.
k Kiefer.
sch Schlundring
m Rückziehmuskeln des Schlundes.
d Drüsen im Kopf, die zwischen den Lippen ausmünden.
d' Aehnliche Drüsen im 10ten Segment, die im Saugnapf münden.
g Erstes Bauchganglion.
b Bauchgefäss.
c Herz.
s Segmentalorgan.
s' Dessen äussere Mündung.
s'' Dessen Ausführungsgang.
s''' Dessen verknäuelter, drüsiger Theil.
s'''' Dessen schlingenförmiger Theil.
s'''' Dessen innere Oeffnung.
t Hoden.
r Samentasche (receptaculum seminis).
r' Deren Mündung.
vd Vas deferens.
vd' Dessen peripherisches Ende.
vd'' Dessen Anfang.
w Wimpertrichter im 6ten Segment, deren Ausführungsgänge zum Vas deferens gehen.
p Penis, der bei *vd'* am Vas deferens entspringt.
p' Dessen äussere Mündung.
ov Eierstock.
I Kopf.
II—X Rumpfsegmente.
S Saugnapf.

Fig. 2. Kiefer von einem erwachsenen Thier, 0,16 Mm. breit.
Fig. 3. Kiefer von einem jungen Thier, 0,08 Mm.
Fig. 4. Stück der Körperwand von aussen, *l* innere Längsmuskeln, *r* äussere Ringmuskeln, *d* Hautdrüsen, *d'* solche in ganz gefülltem Zustande.
Fig. 5. Epithelzellen von der Innenseite der Körperwand.
Fig. 6. Innere Mündung eines Segmentalorgans von oben.
Fig. 7. Dieselbe von der Seite.
Fig. 8. Wimpertrichter aus dem 6ten Segment (*w* Fig. 1.), welche die Zoospermien aufnehmen.
Fig. 9. Reife Zoospermien.
Fig. 10. Noch nicht ganz reife Zoospermie, oben noch mit Anhängen von der Bildungszelle, hinter dem gedrehten Kopf mit einer dunkeln Stelle im Faden.

Ueber das Gesetz des Muskelstromes, mit besonderer Berücksichtigung des M. gastroknemius des Frosches.

Von

E. DU BOIS-REYMOND.

(Hierzu Taf. XIV. und Taf. XV.)

Einleitung.

§. I.

Hr. Budge hat gegen das Gesetz des Muskelstromes einen Angriff gerichtet, der jedoch auf einem Missverständniss beruht, indem er das Gesetz an einem unregelmässig gestalteten Muskel, dem Gastroknemius des Frosches, bestätigt finden will.

Unter dem Aufsehen erregenden Titel: „Beweis, dass das Dubois'sche Gesetz vom Muskelstrom unhaltbar ist, geführt von Julius Budge, Professor in Greifswald", hat dieser Physiologe am 1. Juni 1861 in der Deutschen Klinik [1]) einen Aufsatz veröffentlicht, worin er, durch Versuche am Gastroknemius des Frosches, zu zeigen glaubt, dass das von mir vor zwanzig Jahren aufgestellte Gesetz des Muskelstromes in fast allen Puncten vollkommen falsch sei, und dass ich einen sehr wichtigen, höchst wahrscheinlich den wichtigsten Theil der elektromotorischen Thätigkeit der Muskeln übersehen habe.

In der That lässt Hr. Budge von dem Gesetze des Muskelstromes nichts bestehen, als die Positivität des Längsschnittes gegen den künstlichen Querschnitt. Den so erhaltenen Strom will er den künstlichen Muskelstrom genannt wissen. Er

1) A. a. O. No. 22. S. 207—210.

leugnet, dass die sehnigen Ausbreitungen als natürliche Querschnitte der Muskeln zu betrachten, und als solche negativ gegen den Längsschnitt seien. Die Wirkungen, die man von einem unversehrten Muskel erhält, leitet er von einem „polaren Gegensatze“ seiner beiden Enden ab, vermöge dessen von zwei Puncten, z. B. des Gastroknemius des Frosches, der höhere sich stets positiv [1]) gegen den tieferen verhalte, und zwar um so stärker, je weiter die beiden Puncte von einander abstehen. Dies sei der natürliche Muskelstrom. Die Ströme, die ein Muskel zwischen Längsschnitt und künstlichem Querschnitt giebt, betrachtet Hr. Budge als die algebraische Summe jenes künstlichen und dieses natürlichen Muskelstromes.

Die Fehler der Beobachtung und der Schlussfolge, die Hrn. Budge zu diesen Sätzen geführt haben, sind so auffällig, dass ich zuerst glaubte, seinen Angriff auf sich beruhen lassen zu können. Ich rechnete theils auf die bessere Einsicht der Fachgenossen, theils auf die des Hrn. Budge selber, nachdem sich bei ihm der Rausch gelegt haben würde, in den ihn die Vorstellung des über mich errungenen Triumphes versetzt zu haben scheint. Doch hatte ich mich, was Hrn. Budge anlangt, getäuscht.

Die *Medical Times and Gazette* vom 5. October 1861 brachte eine anonyme Correspondenz aus Zürich [2]), in welcher neben Hrn. Moleschott's vermeintlicher Entdeckung einer positiven Schwankung des Nervenstromes im Tetanus [3]) auch der angeblich Hrn. Budge gelungene Umsturz des Gesetzes des Muskelstromes der englischen Gelehrtenwelt als eine ausgemachte Sache und grosse That verkündigt wurde. Da ich in England nicht die gleiche Urtheilsfähigkeit über diese Fragen voraussetzen konnte, wie bei uns, so hielt ich es für gerathen, der Züricher Correspondenz in derselben Zeitschrift entgegenzutreten. Hrn.

1) Hr. Budge selber sagt „negativ“ (S. 209), was aber keinen Sinn bietet.

2) L. c. No. 588 p. 358.

3) Vergl. Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. Bd. VIII. 1862. S. 1; — meine Bemerkungen dazu in diesem Archiv. 1861. S. 786; — Joh. Ranke ebendas. 1862. S. 241.

Budge betreffend bemerkte ich kurz, dass sein Angriff auf das Gesetz des Muskelstromes auf einem Missverständniss beruhe. Das Gesetz beziehe sich auf regelmässig gestaltete Muskeln; es am Gastroknemius bestätigt finden zu wollen, sei ebenso unbedacht, als den Schwerpunct eines Kegels oder einer Pyramide in der Mitte der Axe dieser Körper zu suchen, weil dies seine Lage in einem Cylinder oder einem Prisma sei [1]).

Anstatt Hrn. Budge zur Besinnung zu bringen, veranlasste ihn diese Aeusserung nur zu einer Erneuerung seines Angriffes. In einer zweiten vorläufigen Mittheilung in der Deutschen Klinik [2]) hält er mit grösster Schroffheit seine Behauptungen aufrecht, stützt sie durch neue zahlreiche Versuche, und ergeht sich in erstauntem Tadel darüber, dass mir, der ich mich seit zwanzig Jahren mit diesem Gegenstande beschäftige, Erscheinungen fremd seien, die sich ihm beim ersten Blick dargeboten hätten; in der letzten Auflage seines „Lehrbuches der speciellen Physiologie“ [3]) aber wiederholt er seine Sätze, und erläutert sie mit einem Aufwand von Abbildungen, auch zu Nutz und Frommen der studirenden Jugend.

Der Ton, den Hr. Budge dabei anschlägt, ist so zuversichtlich, dass ich endlich doch fürchten muss, eine grosse und achtungswerthe Classe von Lesern, welcher der Natur der Dinge nach die Grundlage zu einem selbständigen Urtheil in dieser Angelegenheit nicht ohne Weiteres zur Hand sein kann, möchte sich dadurch beirren lassen. Von verschiedenen Seiten wird mir angedeutet, dass, wenn man auch im Grunde an die Richtigkeit meiner Aufstellungen glaube, man doch nicht ungern vernähme, was ich eigentlich Hrn. Budge zu antworten habe. Bei der Wichtigkeit der Sache will ich daher diesmal den Handschuh aufnehmen, den mir Hr. Budge wiederholt hinwirft [4]). Ich will die Mühe daran wenden, für Jedermann

1) L. c. Dec. 21, 1861. No. 599. p. 647.

2) 25. October 1862. No. 43. S. 415—417.

3) Leipzig 1862. S. 536. 538.

4) S. Hrn. Budge's Aufsätze üb. unipolare Inductionszuckungen und über die Froschhautströme in Poggendorff's Annalen u. s. w. 1859. Bd. CVII. S. 482. 1860. Bd. CXI. S. 537. — Vergl. über letzteren Auf-

klar an den Tag zu legen, was hinter jener anmassenden Sicherheit steckt, und ich will die Physiologen, die sich dadurch haben imponiren lassen, in den Stand setzen, zu beurtheilen, ob ich so lange schwieg, weil ich nichts zu sagen hatte, oder weil mir nichts daran lag, Hrn. Budge die empfindliche Lehre zu ertheilen, die aus dem Folgenden für ihn hervorgehen wird.

Zuvörderst sei bemerkt, dass Hrn. Budge's Theorie der Muskelströme nicht neu ist und nicht ihm angehört, sondern, wie er aus meinen Schriften hätte lernen können[1]), Hrn. Matteucci, dessen Leistungen Hr. Budge doch sonst mit so dienstbeflissenem Eifer herauszustreichen pflegt. Hrn. Budge's „polarer Gegensatz" der beiden Enden des Gastroknemius ist nichts als Hrn. Matteucci's längst von ihm selber aufgegebener „Courant propre de la grenouille". Da ich im Beginn meiner Forschungen diese Lehre in der Wissenschaft vorfand, so wäre es mir wohl schwer gewesen, die elektromotorischen Eigenthümlichkeiten des Gastroknemius zu übersehen, die Hr. Matteucci durch seinen „Courant propre" erklärte. Ich brauchte nicht erst durch Hrn. Budge darauf aufmerksam gemacht zu werden, und ich werde wohl gute Gründe gehabt haben, jene Lehre zu verwerfen; Gründe, deren Triftigkeit auch überall anerkannt worden ist, wo man sie mit Einsicht und mit Aufmerksamkeit gewürdigt hat.

Seine Versuchsweise beschreibt Hr. Budge so: „Ich habe „die Versuche zuerst nach der früheren Dubois'schen Me„thode angestellt, indem ich die bekannten Porcellangefässe „mit Platinblechen und concentrirter Kochsalzlösung, sowie „Kupferdrähte gebrauchte. Später bediente ich mich der „von Hrn. Matteucci angegebenen amalgamirten Zinkdrähte,

satz Hrn. Rosenthal's Bericht in den Fortschritten der Physik im Jahre 1860. XVI. Jahrgang. 1862. S. 544.

1) Vergl. im ersten Bande meiner „Untersuchungen" den Paragraphen: „Zur Geschichte des Gesetzes des Muskelstromes", S. 527 ff.; — die Fortschritte der Physik im Jahre 1845. S. 516 ff.; — 1848. S. 320. 321; — On Signor Carlo Matteucci's Letter to H. Bence Jones etc. London 1853. p. 15. 19.

„einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und „Zuleitungsgefässe (sic) von amalgamirtem Zink. Letztere Vor„richtung verdient vor der ersteren bei weitem den Vorzug „und hat wohl auch schon jene gänzlich verdrängt.“[1])

Ich führe dies nicht an, um zu zeigen, wie Hr. Budge die Geschichte der Entdeckung der unpolarisirbaren Elektroden zu meinem Nachtheil entstellt. Bei der Anerkennung, welche mein Antheil daran überall gefunden hat, kann es mir gleichgültig sein, ob Hr. Budge meiner vor der Hand erschöpfenden Untersuchung neben Hrn. Matteucci's unvollständiger und fehlerhafter Angabe gedenkt oder nicht. Es kann mich nur belustigen, wenn er so thut, als müsse er mir gegenüber die Vorzüge des verquickten Zinks zur Geltung bringen, dabei aber durch die Hrn. Matteucci[2]) ganz fremden Zuleitungsgefässe aus verquicktem Zink verräth, dass er mit meinem Kalbe gepflügt hat. Diese Zuleitungsgefässe sind nämlich keine anderen, als die von Hrn. Sauerwald nach meiner Zeichnung verfertigten. Hr. Sauerwald hat dieselben, wie mehrere meiner Apparate, noch ehe ich sie beschrieben hatte, mit meiner Einwilligung verschiedenen Gelehrten, unter anderen Hrn. Budge, geliefert. Dies erklärt, wie sie in Hrn. Budge's oben angeführtem Lehrbuch[3]) im Holzschnitt erschienen, ehe ich selber eine Abbildung davon gab[4]).

Allein es handelt sich hier in der That um etwas ganz anderes. Ich führte jene Stelle wörtlich an, damit man mit Augen sehe, was zu erzählen ich kaum gewagt hätte, dass Hr. Budge es für nöthig hält, auch die Drähte, welche von den Zuleitungsgefässen zum Multiplicator führen, fortan statt aus Kupfer, aus verquicktem Zink zu nehmen. Dass dies wirklich der Fall ist, dass hier kein

1) Erste vorläufige Mittheilung. A. a. O. S. 207.

2) S. die Beschreibung von Hrn. Matteucci's neuester Vorrichtung in Il Nuovo Cimento. Marzo ed Aprile 1861. T. XIII. p. 137.

3) S. 455 Fig. 116.

4) Beschreibung einiger Versuchsweisen und Vorrichtungen zu elektrophysiologischen Zwecken. Aus den Abhandlungen der Königl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin 1862. Berlin 1863. 4. Taf. I. Fig. 1.

zufälliger Irrthum vorliegt, erhellt nicht blos aus einer Stelle in Hrn. Budge's oben S. 523 Anm. 4 erwähntem Aufsatz über die Froschhautströme [1]), sondern damit jeder Zweifel schwinde, sind auch in der Erklärung jenes, einen Multiplicator mit meinen Zuleitungsgefässen vorstellenden Holzschnittes in Hrn. Budge's Lehrbuch S. 455, die den Multiplicator mit den Gefässen verknüpfenden Drähte als „verquickte Zinkdrähte (*d*)" bezeichnet.

Man kann sich denken, welche Noth Hrn. Budge die Brüchigkeit dieser verquickten Zinkdrähte verursachte. Gelungen ist aber, dass er daraus auch Vortheil zu ziehen wusste. Bekanntlich werden die Drähte von den Zuleitungsgefässen nicht unmittelbar zum Multiplicator, sondern zuerst zu zwei am Consol befestigten Klemmen geführt, „damit durch Ziehen an den „Drähten nicht der Multiplicator umgeworfen wird. Ich finde „dies nicht nöthig", bemerkt Hr. Budge vornehm, „da bei „einem solchen ungeschickten Zuge die Zinkdrähte viel zu „rasch zerbrechen würden." [2]) Risum teneatis amici.

Die Vorstellung, dass die Natur der den Multiplicator und die Zuleitungsgefässe verknüpfenden Drähte von Einfluss auf die Polarisation sei, setzt eine solche Begriffslosigkeit des Hrn. Budge in der Elektricitätslehre voraus, dass sich doch wieder die Frage aufdrängt, ob es sich der Mühe verlohne, näher auf seine Einwendungen einzugehen. Würde ein Chemiker bei seinen Fachgenossen Gehör finden, der einen heftigen Angriff auf eine sonst wohlbeglaubigte Lehre damit eröffnete, dass er Kohlensäure verbrennen, oder ein Physiker, der Quecksilber und Wasser gleich hoch im Barometer stehen liesse? Schwerlich. Die heutige Physiologie jedoch nimmt eine solche Mannichfaltigkeit von Kenntnissen in Anspruch, dass bei nur wenig Physiologen eine gleiche Bewanderung in den Grundlagen der verschiedenen Zweige ihrer Wissenschaft vorausgesetzt werden

1) A. a. O. S. 538: „Das dazu angewendete Instrument von Hrn. „Sauerwald in Berlin hat 30000 Windungen; die Drähte und Zu„leitungsgefässe sind von verquicktem Zink" u. s. w.

2) Lehrbuch u. s. w. S. 457.

kann. Es ist daher nicht von Jedem zu erwarten, dass ihn beim Anblick der grauenhaften Lücke in Hrn. Budge's elektrischem Wissen, die dieser noch dazu so naiv aufdeckt, der gebührende Schauer überlaufe. Und da nach dem Sprichwort auch das blinde Huhn zuweilen ein Korn findet, so wollen wir uns durch diesen Anfang, wie schlimm er auch sei, nicht davon abschrecken lassen, in die Wildniss einzudringen, die er verspricht.

Noch eine Abänderung fand Hr. Budge für gut, an meinen Vorrichtungen anzubringen. Die Eiweisshäutchen, die ich selber seit geraumer Zeit mit Thonschildern vertauscht habe[1]), ersetzte er durch kleine, mit destillirtem Wasser getränkte Papierröllchen, die einerseits den Bausch, andererseits den abzuleitenden Punct des Muskels berührten. Hr. Budge weiss nicht, dass destillirtes Wasser kaum besser leitet, als manche Sorten Glas, und dass es schneller zerstörend auf die Leistungsfähigkeit der Muskeln wirkt, als bis zu einem gewissen Grade verdünnte Salpetersäure[2]).

Hr. Budge unternimmt nun also, das Gesetz des Muskelstromes auf's Neue zu prüfen. „Um den Gegenstand nicht „zu compliciren", sagt er, „beschäftige ich mich blos mit dem„jenigen Muskel, welcher in allen physiologischen Versuchen „am häufigsten angewendet zu werden pflegt und von Hrn. „Dubois selbst am meisten gebraucht worden ist, dem M. „gastrocnemius (Dubois, Untersuchungen I. p. 494). Alle „meine Angaben beziehen sich lediglich auf diesen."

Wir sind bei dem Quell von Hrn. Budge's Verirrungen angelangt. Allerdings spielt der Gastroknemius des Frosches in meinen Untersuchungen eine grosse Rolle. Allein ich habe ihn nur gebraucht, um den Einfluss der Zusammenziehung, der Ausdehnung und Zusammendrückung, der Wärme, der Kälte, des Aufenthaltes in der Luftleere und in Gasen, und solcher Umstände mehr, auf die Stärke des Muskelstromes zu erfor-

1) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen u. s. w. S. 92.

2) Kühne, in diesem Archiv. 1859. S. 221. 222.

schen. Mit anderen Worten, bis zur Entdeckung der parelektronomischen Schicht am natürlichen Querschnitt, wodurch er für diesen Zweck entwerthet wurde, war der Gastroknemius mir ein Paradigma des Muskels als Elektromotors, das sich jederzeit leicht, schnell und sicher von möglichst gleicher Beschaffenheit herstellen und bequem verschiedenen Bedingungen unterwerfen liess. In diesem Sinne pries ich an der von Hrn. Budge angeführten Stelle den Gastroknemius und die Dienste, die er uns im Verfolg der Untersuchung leisten werde.

Nie jedoch ist es mir eingefallen, mich des Gastroknemius zur Aufstellung des Gesetzes des Muskelstromes zu bedienen. Vielmehr bestehe ich wiederholt darauf[1]), dass man sich hierzu an die vier mehr regelmässig gefaserten Oberschenkelmuskeln, den Rectus internus, Sartorius, Adductor magnus und Semimembranosus Cuv. zu halten habe, und meine Abbildungen stellen laut dem „Nachweis zu den Kupfertafeln", übrigens, sollte ich meinen, auch ohnedies für jeden Kundigen erkennbar, namentlich aber von dem gleichfalls abgebildeten Gastroknemius leicht zu unterscheiden, den Adductor magnus, gelegentlich den Sartorius, in den verschiedenen Lagen auf den Bäuschen vor, die zum Erweise des Gesetzes durchzumachen sind[2]). Ausdrücklich schematisire ich den Muskel, sobald vom Gesetze seiner elektromotorischen Thätigkeit die Rede ist, in Wort und Bild als einen Cylinder, dessen Mantel dem positiven Längsschnitt, dessen Grundflächen den beiden negativen Endquerschnitten entsprechen[3]). Stets auf's Neue schärfe ich ein, dass man nur an Muskeln, die von dieser idealen Gestalt nicht zu sehr abweichen, erwarten dürfe, das Gesetz bestätigt zu finden[4]). Ausdrücklich habe ich bereits in dem ersten Bande meines Werkes, S. 512. 513 (vergl. dazu Taf. IV. Fig. 33.), hervorgehoben, wie wenig der Gastroknemius diese Bedingung erfüllt. Näher bin ich endlich auf den Bau des Gastroknemius

1) A. a. O. Bd. I. S. 500. 502. 696. 704. 708.
2) Taf. IV. Fig. 29—44. Taf. V. Fig. 50. 51. 77. 78.
3) A. a. O. S. 516. 517. Taf. V. Fig. 46—48. 57.
4) A. a. O. S. 512. 519. 535. 631. 658. 688.

eingegangen in der 1860 erschienenen 1. Lieferung der 2. Abtheilung des II. Bandes der Untersuchungen, S. 349 — 351 [1]). An beiden Stellen habe ich erklärt, weshalb dieser Muskel sowie der ihm ähnliche M. triceps Cuv., unversehrt und mässig parelektronomisch, bei der gewöhnlichen, und bis dahin allein versuchten Art der Ableitung, nur aufsteigend wirke.

Dies Alles ist, wie es scheint, Hrn. Budge unbekannt geblieben, oder für ihn noch nicht deutlich genug gewesen. Wir haben ihm in eine Versuchsreihe am Gastroknemius zu folgen, welche angeblich daran lauter mit dem Gesetze des Muskelstromes unverträgliche Wirkungen aufdeckt. Als Vorbereitung dazu will ich zuerst nochmals den Bau des Gastroknemius schildern, soweit dieser Bau für jetzt elektromotorisch in Betracht kommt.

§. II.

Der Bau des Gastroknemius des Frosches wird in elektromotorischer Beziehung erläutert.

In der Beschreibung des Gastroknemius werden dessen Enden, als stände der Frosch aufrecht, unterschieden als oberes und unteres, seine Flächen als Rückenfläche, Tibialfläche, äussere und innere Seitenfläche.

Die halbschematischen Figuren 1., 2., 3., 4. stellen beziehlich die innere Seitenfläche des linken, die äussere des rechten, die hintere oder Rücken- und die vordere oder Tibial-Fläche des linken Gastroknemius vor. Man erkennt leicht die Theile der Muskeloberfläche, wo natürlicher Längsschnitt herrscht. Die glatten Partieen sind Sehnenausbreitung, unter der natürlicher Querschnitt liegt. In den Seitenansichten bedeutet *D* den Rand, welcher der Dorsal-, *T* den, welcher der Tibialfläche angehört.

Um sich den Bau des Gastroknemius klar zu machen, thut man am besten, sich diesen Bau folgendermaassen entstanden zu denken. Zuerst sei ein ganz kurzer cylindrischer Muskel da, mit sehr schrägen, folglich gestreckt elliptischen Grund-

1) Vergl. auch daselbst S. 106, und in den Monatsberichten der Akademie, 1853, S. 120.

flächen, die mit den blattähnlichen Ausbreitungen der oberen Sehne *H* und der unteren oder Achillessehne *A* bekleidet sind. (S. Fig. 5.) Die untere, wirklich vorhandene Ausbreitung liegt bekanntlich an der Rückenfläche *D* des Muskels; die obere denke man sich an der Tibialfläche *T* gelegen. Nun klappe man in Gedanken die obere Ausbreitung in ihrer Durchschnittslinie $\Gamma' K \Gamma_,$ mit der Medianebene des Muskels nach vorn zusammen, wie ein Buch, das man zumacht, und lasse ihre beiden Hälften zu einer in jener Ebene befindlichen sehnigen Scheidewand verwachsen, von deren Seitenflächen jede den oberen Enden sämmtlicher Bündel der entsprechenden Muskelhälfte zum Ansatze dient. Bei diesem Verwachsen treffen symmetrisch zur Medianebene gelegene Puncte, wie etwa die mit $\alpha', \alpha_,; \beta', \beta_,; \varrho', \varrho_,$ bezeichneten, auf einander. Bündel also, welche von symmetrisch zur Medianebene gelegenen Puncten der unteren zu entsprechenden Puncten der oberen Ausbreitung gingen, wie $\alpha'\alpha', \alpha_,\alpha_,, b'\beta', b_,\beta_,$ verschmelzen jetzt nach oben zu einer Schleife in Gestalt eines Spitzbogens, die nur in der Medianebene, an der Spitze des Bogens, durch jene sehnige Scheidewand unterbrochen wird. Diese Scheidewand bildet im Verlauf der im Zusammenhang gedachten Bündel beider Muskelhälften gleichsam eine verschwindend kurze Inscriptio tendinea der Art, wie sie die Seitenrumpfmuskeln der Fische als Lg. intermuscularia durchsetzen, nur mit dem Unterschiede, dass bei den Fischen die Bündel beiderseits von der Scheidewand einerlei Richtung haben.

An der Tibialfläche des Muskels (Fig. 4.) kommt die Inscriptio tendinea zum Vorschein in Gestalt eines sehnigen Streifens $\Gamma' \varrho \Gamma_,$ von dem das Fleisch beiderseits wie an einem Musculus bipinnatus nach unten und seitwärts abfällt, und der nach unserer Vorstellung aufzufassen ist als entstanden durch Verschmelzung der seitlichen Ränder $\Gamma \varrho' \Gamma_,$, $\Gamma' \varrho_, \Gamma_,$ der oberen Sehnenausbreitung.

An der Rückenfläche (Fig. 3.) besteht die Ausbreitung der Achillessehne fort, aber sie biegt sich, entsprechend dem Zusammenklappen der oberen Ausbreitung, nach vorn zusammen. Ihr oberer Rand reicht bis nahe an die obere Sehne hinauf.

Sein in der Medianebene gelegener höchster Punct ist mit G', sein tiefster mit G, bezeichnet, weil diese Puncte die Grenze zwischen Längs- und Querschnitt abgeben; der Mittelpunct der Ausbreitung aber mit C. Die entsprechenden Puncte der oberen, fictiven Sehnen-Ausbreitung sind entsprechend griechisch benannt. Die Achillessehnen-Ausbreitung, oder den Sehnenspiegel der Achillessehne, wollen wir in der Folge, wo er eine grosse Rolle spielen wird, der Kürze halber den Achillesspiegel nennen.

Spaltet man die Achillessehne der Länge nach, fasst jede Hälfte mittels einer starken Pincette, und reisst mit einem langsamen und kräftigen Zuge den Muskel auseinander, so gelingt es oft, ihn in zwei Hälften zu spalten, deren jede an der Trennungsfläche im Wesentlichen die in Fig. 6. der äusseren Hälfte entnommene Ansicht bietet. $G'CG$, ist im Durchschnitt der in der Medianebene zerrissene Achillesspiegel, $\Gamma' K \Gamma_0$ das äussere Blatt der sehnigen Scheidewand, welche, als läge unserer Fiction von der Entstehung des Gastroknemiusbaues etwas Wirkliches zu Grunde, die Neigung zeigt, sich in zwei Blätter zu trennen, deren jedes der entsprechenden Muskelhälfte folgt. Kocht man Gastroknemien, bis das Sehnengewebe zu Leim ward, so entsteht an der Stelle der sehnigen Scheidewand ein nach der Tibialfläche offener Spalt, dessen Grund und Wände nichts sind als der nach innen eingestülpte obere natürliche Querschnitt.

An regelmässig gefaserten Muskeln haben im Allgemeinen alle Bündel einerlei Länge, nämlich die des Muskels selber. Fig. 6. zeigt, dass im Gegensatz dazu am Gastroknemius nicht nur die einzelnen Bündel viel kürzer sind als der ganze Muskel, was sich nach dem Vorigen von selbst versteht, sondern dass sie auch verschieden lang sind. Die längsten sind die, welche von dem höchsten Puncte G' des Achillesspiegels an der Rückenfläche des Muskels zur oberen Sehne empor-, die kürzesten die, welche von dem tiefsten Puncte Γ des sehnigen Streifens an der Tibialfläche zur Achillessehne hinabsteigen. Man wird nicht sehr irren, wenn man jenen längsten Bündeln etwa $^2/_7$, diesen kürzesten nur $^1/_7$ der Länge des Muskels beimisst.

Um meinen Zuhörern den Gastroknemiusbau zu versinnlichen, habe ich ein Modell verfertigt, welches auch Hrn. Professor Budge sehr nützlich sein würde. Aus Guttapercha bildete ich zuerst die obere mehr blatt-, die untere mehr Löffel- oder Schuhhorn-ähnliche Ausbreitung, hälftete jene der Länge nach, und verband die Hälften mit einem Scharnier. Dann spannte ich zwischen entsprechenden Puncten der beiden Ausbreitungen rothe Wollfäden statt der Muskelbündel aus. Klappt man die beiden Hälften der oberen Ausbreitung wie ein Buch zu, so entsteht ein treues Bild des allgemeinen Faserverlaufes am Gastroknemius.

Von dem geschilderten regelmässigen Bau finden einige Abweichungen statt, welche zwar an sich sehr geringfügig, doch unsere Beachtung verdienen.

Vor Allem ist zu bemerken, dass der Gastroknemius oben zwei Sehnen hat. Die eine stärkere kürzere dieser Sehnen, welche den Namen der Hauptsehne verdient, daher *H* in den Figuren, liegt zu oberst in der Medianebene und heftet sich mit einem Zipfel an das Femur, mit einem zweiten an die Tibia. An der Tibialfläche (Fig. 4.) erscheint sie als die unmittelbare Fortsetzung des sehnigen Streifens $\Gamma_1\Gamma_2$. Die andere schwächere längere Sehne, die Nebensehne genannt, und deshalb in den Figuren mit *N* bezeichnet, kommt nach unten und vorn von der ersten zwischen den beiden zusammengeklappten Hälften der oberen Ausbreitung hervor, wie ein Lesezeichen aus dem Buche, schlägt sich eine Strecke lang nach aussen und oben um den Muskel, wie dies Fig. 4. zeigt, und löst sich dann von ihm ab, um an der äusseren Seite des Kniegelenkes emporsteigend mit der Kniegelenkkapsel und mit dem äusseren Rande der unteren Sehnen-Ausbreitung des M. triceps Cuv. zu verschmelzen[1]), der sich dadurch an der Streckung des Fussgelenkes betheiligen kann. Die Nebensehne ist Solchen, die sich mit der paradoxen Zuckung beschäftigt haben, wohlbekannt, weil unter ihr fort der N. peronaeus geht, der um die Sehne des M. biceps Cuv. zur äusseren Seite des

1) Dugès (Recherches sur l'Ostéologie et la Myologie des Batra-

Kniees gelangt[1]). Man unterscheidet übrigens am äusseren der beiden Blätter, in die sich die sehnige Scheidewand des Gastroknemius beim Zerreissen spaltet, einen stärkeren Faserzug, der zur Nebensehne geht (Fig. 6.).

Die erste jener Abweichungen besteht nun darin, dass in der Strecke, in der die Nebensehne sich von der Medianebene um den Kopf des Muskels nach aussen wendet, einige vom äusseren Rande des Achillesspiegels entsprungene Bündel sich an sie setzen, welche also ausnahmsweise nicht an der sehnigen Scheidewand endigen. Sie sind in Fig. 4. durch eine Klammer bezeichnet. Wenn in der Folge von der Nebensehne schlechthin die Rede ist, hat man darunter stets nur jene Strecke, mit Ausschluss des vom Muskel gelösten, am Knie emporsteigenden Zipfels zu verstehen.

Als eine zweite Abweichung lässt es sich ansehen, dass, wie dies in Fig. 4. hervortritt, die Scheidewand da, wo sie zur Hauptsehne wird, sich verdickt, so dass die obersten Bündel der beiden Muskelhälften nicht zu einem Spitzbogen verschmelzen, sondern eine sich nach oben erweiternde Lücke zwischen sich lassen, welche die Sehne, gleich dem Schlussstein eines Gewölbes, ausfüllt.

Eine dritte Abweichung endlich besteht darin, dass die beiden Hälften des Muskels, auch abgesehen von der Nebensehne

---

ciens à leurs différens Ages. Paris 1834. 4. pl. VI. fig. 42 et pl. VI *bis*. fig. 42 *bis*. 159.) bildet das Verhalten nicht ganz richtig ab. Eine förmliche Trennung des Muskels in zwei Köpfe, wie er sie darstellt, lässt sich höchstens künstlich dadurch herbeiführen, dass man an der Nebensehne zieht. Richtiger ist die auf die Kröte bezügliche Fig. 57. pl. X. — Rud. Wagner's Abbildung in den Icones zootomicae (Leipzig 1841. Taf. XVII. Fig. 21.) ist von Dugès entlehnt. — Auch die Abbildungen in Carus' Erläuterungstafeln zur vergleichenden Anatomie (Hft. I. Leipzig 1826. Taf. III. Fig. III.) und in Ecker's Icones physiologicae (Leipzig 1851—59. Taf. XXIV. Fig. IV.) geben keinen Begriff von dem in Rede stehenden Verhalten. Zenker's Batrachomyologia (Jenae 1825. Taf. II. Fig. III. 51.) ist hier ganz unbrauchbar.

1) Vergl. meine Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 546; — Abth. II. S. 349; — dazu Taf. V. Fig. 141.

der äusseren Hälfte, nicht ganz symmetrisch sind. Es steigt nämlich die äussere Hälfte an der Hauptsehne etwas höher hinauf, als die innere, wie man gleichfalls noch in Fig. 4. sieht. Ausserdem besitzt diese Hälfte eine grössere Masse, wie die in Fig. 7. abgebildete Ansicht der unteren Hälfte eines querdurchschnittenen linken Gastroknemius lehrt, wo *r'mr*, den Durchschnitt des Achillesspiegels bedeutet. Der Unterschied ist zu gross, um ihn von den Bündeln herzuleiten, die sich an die Nebensehne heften. Seinen wahren Grund erkennt man bei Betrachtung der Tibialfläche (Fig. 4.), noch besser wenn man den Muskel jener Fläche parallel (frontal) durchschneidet. Fig. 8. zeigt die vordere Fläche eines solchen Abschnittes vom linken Gastroknemius. Man gewahrt, wie beiderseits die Bündel unter demselben Winkel, und folglich in gleicher Anzahl, an die Scheidewand stossen, wie aber aussen die Bündel um etwa ein Drittel länger sind als innen. Die äussere Gastroknemiushälfte hat somit, bei gleicher Kraft mit der inneren, einen grösseren Hub als diese; mit welchem Erfolge für die Mechanik des Froschbeines, ist nicht leicht zu sagen.

Es folgt beiläufig hieraus und aus dem Vorigen, dass der Gastroknemius schlecht zu Versuchen passt, wobei es auf genaue Feststellung der mechanischen Leistungen der Muskelbündel ankommt, da die einzelnen Gastroknemiusbündel, vermöge ihrer verschiedenen Länge, durch ein der Achillessehne angehängtes Gewicht verschieden gedehnt werden, und sich bei der Verkürzung verschieden an dessen Hebung betheiligen.

Erste Abtheilung.

Vom Strom des unversehrten M. gastroknemius des Frosches.

§. III.

Aus dem Bau des Gastroknemius werden nach dem Gesetz des Muskelstromes die elektromotorischen Wirkungen des unversehrten Muskels vorhergesagt.

Es wird unser Geschäft erleichtern, wenn wir sogleich noch versuchen, aus dem Bau des Gastroknemius seine elek-

tromotorischen Wirkungen, zunächst nur im unversehrten Zustande, vorherzusagen, wie sie sich nach dem Gesetz des Muskelstromes gestalten müssen.

Nach diesem Gesetz verhält sich der Längsschnitt stark positiv gegen den Querschnitt; am Längsschnitt verhält sich jeder vom Querschnitt entferntere Punct schwach positiv gegen jeden dem Querschnitt näheren; ebenso am Querschnitt jeder dem Längsschnitt nähere Punct schwach positiv gegen jeden davon entfernteren. An regelmässig gefaserten Muskeln, deren Untersuchung dies Gesetz entnommen ist, lässt sich somit zwischen zwei negativen Basalzonen, den beiden Querschnitten, eine positive Mantelzone, der Längsschnitt, unterscheiden. An jedem Querschnitt findet sich sodann ein Punct, oder eine Reihe von Puncten, welche, als am weitesten vom Längsschnitt, am negativsten sind. Dies sind die Pole des Muskels. Umgekehrt der Inbegriff der Puncte des Längsschnittes, welche am weitesten von beiden Querschnitten, und deshalb am positivsten sind, ist der elektromotorische Aequator. Der Aequator setzt also zwei Pole voraus, zwischen denen er die Mitte halte; zwei Puncte von unter sich gleicher elektrischer Beschaffenheit, von welcher die Beschaffenheit seiner eigenen Puncte um gleich viel und am meisten abweiche, indem sie sich nach irgend welchem Gesetze nach jenen Puncten hin abstuft. Die Verknüpfung eines Aequatorpunctes mit einem Pol liefert bei gleichem Widerstande den stärksten Strom; und zu einem Punct diesseits des Aequators giebt es stets einen gleichartigen Punct jenseits des Aequators auf der anderen Muskelhälfte. Sehen wir zu, wieviel von diesen Regeln noch auf den Gastroknemius passe.

Aus unserer Zergliederung folgt, dass am oberen Ende des Gastroknemius kein freier Querschnitt oder keine negative Begrenzung da ist. Zwei Stellen zwar machen hiervon eine Ausnahme, erstens die Nebensehne, insofern sie den oberen natürlichen Querschnitt einer Anzahl von Bündeln überzieht, zweitens die Hauptsehne selber, weil darunter einige Bündel nicht mit ihren oberen Enden spitzbogenförmig zusammenstossen. Diese Stellen sind indess so klein, dass sie für

jetzt keine Beachtung verdienen. Wird dem Muskel ein Bausch so angelegt, dass eine derselben oder beide in die Berührungsfläche fallen, so kann dies nur bewirken, dass die Fläche etwas negativer erscheint, als wäre in gleicher Entfernung vom Querschnitt reiner Längsschnitt berührt worden.

Sieht man also hiervon ab, so ist klar, dass im Gegensatz zu regelmässig gefaserten Muskeln am Gastroknemius nur Eine positive und Eine negative Zone vorhanden sind, von denen jene den Muskelkopf einnimmt und sich der Tibialfläche entlang bis zur Achillessehne hinabzieht, diese den grösseren Theil der Rückenfläche und der beiden Seitenflächen, gleichfalls bis zur Achillessehne hinab, ausmacht (s. die Figuren). Der Gastroknemius als Elektromotor ist im Grossen und Ganzen nicht, gleich den regelmässig gefaserten Muskeln, nach peripolarem, sondern nach dipolarem Schema gebaut.

Es kann also auch daran von keinem elektromotorischen Aequator im gewöhnlichen Sinne die Rede sein. Dazu fehlen die beiden negativen Pole[1]), zwischen denen er die Mitte halten könnte. Sondern es findet hier dasselbe statt, wie an einem Muskel, den man so zusammengebogen und dann schräg durchschnitten hat, dass die beiden Hälften gleich den Schenkeln eines geschlossenen Zirkels an einander, die beiden Querschnitte in Einer Flucht liegen (s. Fig. 9.)[2]). Die Puncte des Längsschnittes $\Gamma'_0\Gamma_K$, die früher Aequator waren, haben die Bedeutung eingebüsst, elektrisch die Mitte zu halten zwischen zweien Puncten an den Enden des Muskels. Dagegen haben diese Puncte von den Eigenschaften des Aequators noch die

1) Es liegt kein wirklicher, nur ein scheinbarer Widerspruch darin, wenn gesagt wird, der Gastroknemius sei nach dipolarem Schema gebaut, und zugleich, es fehlen an ihm die beiden Pole, an deren Vorhandensein das eines Aequators geknüpft sei. Der scheinbare Widerspruch rührt daher, dass bei der ersten Behauptung das Wort Pol im elektrischen oder physikalischen, bei der zweiten im geographischen oder geometrischen Sinne genommen ist.

2) Den entsprechenden Versuch am Nerven s. in meinen Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abtheil. I. S. 252 Taf. II. Fig. 94.

bewahrt, dass sie, als am weitesten vom Querschnitt, am positivsten sind. An der durch das Zusammenbiegen des peripolaren Elektromotors dipolar gewordenen Anordnung tritt der vom Querschnitt entfernteste und somit positivste der früheren Aequatorpuncte, $\Gamma_{,}$, jetzt gleichsam als positiver Pol dem negativen Pol entgegen, den man nach unseren bisherigen Vorstellungen im geometrischen Mittelpunct C derjenigen Begrenzung zu suchen hat, die durch die beiden an einander stossenden Querschnitte gebildet wird.

Nicht anders am Gastroknemius. Sieht man, der Einfachheit halber, von der verschiedenen Masse seiner beiden Hälften ab, und denkt man ihn sich in der Ebene der sehnigen Scheidewand bis auf die Scheidewand gespalten, so dass seine sonst von einander getrennten Hälften nur noch durch die Scheidewand zusammenhängen, so ist der Gastroknemius auf das Schema des zusammengebogenen Muskels zurückgeführt. Die beiden Hälften des Achillesspiegels entsprechen den beiden aneinanderstossenden Querschnitten, die Hauptsehne dem Punct Γ', der Tibialrand $\Gamma'\varrho\Gamma_{,}$ der sehnigen Scheidewand (Fig. 1. 2. 4. 6.) der in Fig. 9. ebenso bezeichneten Aequatorstrecke, und der ganze vordere, im Muskel verborgene Umfang dieser Scheidewand $\Gamma'K\Gamma_{,}$ (Fig. 6.) der in der Falte des zusammengebogenen Muskels versteckten, in Fig. 9. punctirten und abermals ebenso bezeichneten Aequatorstrecke. Man gelangt so zu der Einsicht, dass, wenn am Gastroknemius von einem Aequator die Rede sein soll, dieser Aequator in dem Umfang der sehnigen Scheidewand zu suchen sei. Im Tibialrand $\Gamma'\varrho\Gamma_{,}$ derselben tritt ein Theil dieses virtuellen Aequators zu Tage. Der vom Querschnitt entfernteste Punct jenes Randes, etwa die Hauptsehne selber, wird am positivsten sein, und gegenüber dem Mittelpunct C des Achillesspiegels als negativem Pol die Rolle des positiven Poles übernehmen.

Von hier aus ist es leicht, die elektromotorische Wirksamkeit des Gastroknemius bei verschiedenen Lagen des ableitenden Bogens im Voraus zu bestimmen, wie sie sich nach dem Gesetze des Muskelstromes gestalten muss, falls nicht unbekannte Verwickelungen dazwischentreten.

Liegt erstens das obere Ende des Bogens dem Längsschnitt oder der positiven Zone, das untere dem Querschnitt oder der negativen Zone an, etwa wie die Bögen 1*a*, 3*a* in Fig. 1. es vorstellen, so muss ein starker aufsteigender Strom erfolgen. Er muss am stärksten sein, wenn das obere Ende die Hauptsehne, das untere den Mittelpunct *C* des Achillesspiegels berührt. Berührt das untere Ende die Achillessehne selber, das obere die Hauptsehne (9. in Fig. 2.), so muss gleichfalls ein Strom im Muskel aufsteigen, da die Achillessehne gleichsam eine Fortsetzung des Bogens bis zur unteren Grenze *G*, zwischen Längs- und Querschnitt abgiebt. Dieser Strom, schwächer als der vorige, müsste abnehmen und zuletzt verschwinden, wenn das obere Ende von der Hauptsehne fort, am Längsschnitt der Rückenfläche herab, bis zu *G'*, der oberen Grenze zwischen Längs- und Querschnitt, gerückt würde, so dass schliesslich der Bogen die Stellung 10. in Fig. 2. erhielte.

Liegen zweitens beide Enden dem Längsschnitt allein an, wie in 3*b* Fig. 1., so muss immer noch ein schwacher aufsteigender Strom zugegen sein, weil das obere Ende weiter vom Querschnitt entfernt ist als das untere.

Liegen drittens beide Enden, wie in 1*b*, dem Querschnitt allein an, so wird auch noch ein schwacher aufsteigender Strom da sein müssen, so lange das obere Ende das dem Längsschnitt nähere bleibt, wie in 2*a*. Haben die Enden des Bogens, wie in 2*b*, eine symmetrische Lage zu *C*, so wird der Strom Null sein müssen.

Soweit muss der Gastroknemius, wenn er einen Strom liefert, stets aufsteigend wirken, wie es in meinen „Untersuchungen" steht (s. oben S. 529), wo ich nur die gewöhnlichen Bedingungen der Ableitung im Auge hatte, über welche mehrere der oben gedachten Fälle, wie 3*b*, 1*b*, 2*a*, 2*b*, schon hinausgehen. Es lassen sich nun aber auch noch besondere Lagen des Bogens angeben, wobei, nach dem Gesetz des Muskelstromes, der unversehrte Gastroknemius absteigend wirken müsste.

Wird der Bogen aus der symmetrischen Lage 2*b* in die 2*c* gebracht, so muss der verschwundene Strom wiederkehren, und

zwar absteigend, weil nun das untere Ende das dem Längsschnitt nähere ist. Liegen beide Enden des Bogens über einander an den seitlichen Rändern des Achillesspiegels, so muss der Strom Null sein, oder auf-, oder absteigen, je nachdem beide Spitzen gleich weit von den Rändern, oder die obere, oder die untere die nähere (6. 7. 8. Fig. 2.).

So müsste man auch, bei hinreichender Kleinheit der Berührungsflächen des Bogens mit dem Muskel, von dem an der Tibialfläche sich bis zur Achillessehne hinabziehenden Streifen Längsschnitt schwache auf- und absteigende Ströme erhalten, je nachdem man den unteren oder den oberen Ableitungspunct näher dem einen Rande des Achillesspiegels wählte (2, 3. Fig. 4.). Bei gleicher Entfernung der beiden Puncte entweder von dem einen Rande, oder von beiden Rändern (1. das.), sollte ein sehr schwacher aufsteigender Strom die Regel sein, weil die Ränder des Achillesspiegels nach oben auseinanderweichen, und das obere Ende des Bogens als dem Längsschnitt etwas näher angesehen werden kann.

Ein starker absteigender Strom müsste aber bei der in Fig. 4. mit 4. bezeichneten Anordnung erfolgen, wobei das obere Ende Querschnitt, das untere Längsschnitt berührt. Dass die mit 5. bezeichnete Lage des Bogens, wobei das Umgekehrte stattfindet, einen starken aufsteigenden Strom liefern werde, bedarf nicht der Erwähnung.

Die parelektronomische Schicht wird bei gleicher und mässiger Ausbildung auf allen Puncten des natürlichen Querschnittes nur die Stärke des Stromes überall proportional vermindern. Bei sehr hoher Ausbildung kann die Richtung des Stromes verkehrt werden. Bei nicht gleichmässiger Ausbildung auf den verschiedenen Puncten des Querschnittes werden mannigfache Störungen der hier dem unversehrten Gastroknemius vorgezeichneten elektromotorischen Wirkungsgesetze denkbar.

Man sieht so deutlich im Einzelnen, was im Ganzen wohl keines Beweises bedurfte, dass eine vollständige Verschiebung der Spannungen an der Muskeloberfläche die tiefe Umwandlung des Baues begleitet, die den Gastroknemius von den regelmässig gefaserten Muskeln trennt; und man ist in Stand ge-

setzt, die Gründe zu würdigen, aus denen ich erwähntermaassen bei der Aufstellung des Gesetzes des Muskelstromes stets den Gastroknemius aus dem Spiel liess.

§. IV.

Hrn. Budge's Beobachtungen am unversehrten Gastroknemius, die er als dem Gesetze des Muskelstromes zuwiderlaufend bezeichnet, stehen damit im vollkommensten Einklang.

Kehren wir zu Hrn. Budge zurück. Ihn kümmert dies Alles nicht. „Um den Gegenstand nicht zu compliciren", wählt er zur Prüfung des Gesetzes des Muskelstromes, meiner Warnungen ungeachtet, unter allen Muskeln gerade den Gastroknemius. Es ist ja „der in allen physiologischen Versuchen „am häufigsten gebrauchte Muskel." Mit Hülfe des Gastroknemius hat ja Hr. Schwann die Abnahme der Kraft des Muskels mit wachsender Verkürzung, Hr. Helmholtz den zeitlichen Verlauf der Zusammenziehung und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung im Nerven, Hr. Pflüger die Veränderungen der Erregbarkeit im Elektrotonus und das Gesetz der Zuckungen, Hr. Munk den Einfluss der Nerven auf das Absterben der Muskeln, Hr. L. Hermann die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Stärke des Reizes, Hr. Georg v. Liebig die Athmung überlebender, habe ich selber die Säurung absterbender, erwärmter, tetanisirter Muskeln erforscht. Zwar hat keines dieser Dinge erweislich etwas mit der durch das Gesetz des Muskelstromes behaupteten Vertheilung der Spannungen an der Muskeloberfläche zu schaffen. Aber gleichviel. Weil der Gastroknemius für jene Versuche am bequemsten war, muss er auch am geeignetsten sein, das Gesetz des Muskelstromes zu zeigen, und tritt es daran nicht in aller Reinheit hervor, so ist das Gesetz falsch. Das ist, auf ihren klaren Ausdruck gebracht, Hrn. Budge's Schlussfolgerung. Er könnte ebenso gut schliessen: Scheere und Pincette, ein Brillengestell sind für gewisse Zwecke erprobte stählerne Werkzeuge. Da sich daran, wenn man sie magnetisirt, das für lineare gerade Stahlstäbe gültige Gesetz der Vertheilung des freien Magnetis-

mus nach der Kettenlinie nicht bestätigt findet, so ist dies Gesetz falsch; und die Pendelgesetze sind auch falsch, weil die Schwingungsdauer eines an seinem Rollschwanz sich schaukelnden Affen der Quadratwurzel aus der Schwanzlänge nicht genau proportional ist.

Hr. Budge nimmt den Gastroknemius zur Hand und stellt damit Hunderte von Versuchen an, ohne dass es ihm auffällt, dass die Bündel daran nur etwa ein bis zwei Siebentel so lang sind, wie der ganze Muskel. Der Anblick der doppelten Fiederung an der Tibialfläche sagt ihm nichts. Er bemerkt nicht, dass der mit dem Achillesspiegel überzogene untere natürliche Querschnitt sich an der Rückenfläche bis nahe an die Hauptsehne hinaufzieht; dass von einem oberen Querschnitt nichts zu sehen ist. Vielmehr fasst er die ganze Oberfläche des Muskels als natürlichen Längsschnitt, als natürlichen Querschnitt dagegen die Hauptsehne und die Achillessehne selber (nicht deren Ausbreitung) auf. Das Ungereimte entgeht ihm, dass so dünne Sehnen, ohne Vergrösserung ihrer Oberfläche, nicht Raum bieten würden für den Ansatz einer solchen Menge von Fleischbündeln.

Alles dies übersieht Hr. Budge, obschon er sich zu seinen Untersuchungen über das Wachsthum der Muskeln auch gerade des Froschgastroknemius bedient hat[1]). Mit dem Zirkel (denn stets befleissigt er sich der äussersten „Exactität") misst er die Mitte des Muskels ab, bezeichnet sie sorgfältig mit einem Stückchen bunten Papiers, legt in gleicher Entfernung davon seine mit destillirtem Wasser getränkten Papierröllchen an, und verlangt von dieser Anordnung, dass sie die Nadel in Ruhe lasse, da er, seiner Meinung nach, Puncte in gleicher Entfernung vom elektromotorischen Aequator ableitend berührt habe. Die Durchschnittsfigur einer auf die Mitte m der Längsaxe $\Gamma' G$, (Fig. 1.) senkrechten Ebene, deren Projection

1) Wunderlich's Archiv für physiologische Heilkunde, 1858, N. F. Bd. II. S. 71; — Comptes rendus etc. 11 Octobre 1858. t. XLVII. p. 587; — Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. 1859. Bd. VI. S. 40; — Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. 1861. 3. R. Bd. XI. S. 305.

die Gerade $m'm_1$ in Fig. 1. 2. 3. 4. zeigt, mit der Muskeloberfläche, hält Hr. Budge für den elektromotorischen Aequator; unbekümmert darum, dass zu beiden Seiten jener Ebene jede Symmetrie im Bau des Muskels fehlt, und dass jene Durchschnittsfigur an der Tibialfläche über den doppelt gefiederten natürlichen Längsschnitt (Fig. 4.), an der Rückenfläche über den natürlichen Querschnitt (Fig. 3.) fortgeht. Er sagt deshalb auch nicht einmal, ob seine Röllchen der Tibial- oder der Rückenfläche oder einer der Seitenflächen anlagen, geschweige wie gross ihr Abstand von einander und ihre Berührungsfläche mit dem Muskel war, sondern begnügt sich mit der erstaunten Meldung, dass in 19 solchen Versuchen ein starker aufsteigender Strom erfolgt sei, der an seinem Multiplicator 40—80° „constanten Ausschlages" (sic) gab[1]).

Diesen Erfolg stellt Hr. Budge an die Spitze der Thatsachen, womit er gegen das Gesetz des Muskelstromes zu Felde zieht. Er hätte nicht unglücklicher wählen können. Allem Vermuthen nach lagen die Bäusche der Rückenfläche an, deren Wölbung sich am bequemsten zur Ableitung darbietet. Je nach dem Abstand der Röllchen wird alsdann die Anordnung des Hrn. Budge durch die Bögen 1*a* und 1*b* in Fig. 1. vorgestellt. Wir wissen bereits (s. oben S. 538), dass in beiden Fällen nach dem Gesetze des Muskelstromes ein aufsteigender Strom erfolgen muss, da, um es noch einmal zu sagen, im ersten Fall das obere Ende des Bogens Längsschnitt, das untere Querschnitt, im zweiten das obere einen dem Längsschnitt näheren, das untere einen davon entfernteren Punct des Querschnittes berührt. Wenn demnach hier etwas unverständlich bleibt, so ist es in der That nur, wie nach den Verhandlungen der letzten zwanzig Jahre der Erfolg dieses Versuches Hrn. Budge habe überraschen können. Hätte Hr. Budge meine „Untersuchungen" mit der Aufmerksamkeit gelesen, die man Arbeiten schuldet, deren Ergebnisse man in Frage stellt, ja hätte er nur einmal die Kupfer zum ersten Bande durchgesehen, es wäre ihm nicht entgangen, dass sein Versuch sich darin längst ausdrücklich

1) Erste vorläufige Mittheilung. A. a. O. S. 207.

beschrieben, abgebildet und erklärt[1]), ausserdem aber unzählige Mal nebenher angestellt findet, da man jene Anordnung bei hundert Gelegenheiten trifft, also z. B., wenn nicht besondere Zwecke es anders erheischen, jedesmal, dass die negative Schwankung beobachtet werden soll.

„Hingegen wird man finden," fährt Hr. Budge fort, „dass „wenn der eine Bausch nahe der Achillessehne, der andere „nur wenig davon entfernt liegt, der Ausschlag immer bedeu„tend geringer ist, als in dem ersten Falle, manchmal ganz „ausbleibt. Hier sind die Entfernungen vom Aequator aber „ungleich, müssten also nach Hrn. Dubois grössere Aus„schläge als in jenem Falle geben; wovon aber in Wirklich„keit das Umgekehrte vorkommt." Auch hier fehlt die Angabe der Fläche des Muskels, von der die Ableitung geschah; doch wird es wohl wieder die Rückenfläche gewesen sein. Ist es nöthig zu wiederholen, was schon der vorige Paragraph uns gelehrt hat, dass, da jetzt die Bäusche auf Querschnitt allein nach dessen Mittelpunct zu rückten, etwa in die mit $2a$, $2b$ bezeichneten Stellungen in Fig. 1., der Strom ganz natürlich schwächer ausfiel als vorher, ja Null ward; und sieht nicht Jeder, dass, wenn hier etwas dunkel bleibt, es nur ist, wie Hrn. Budge der absteigende Strom nicht aufstiess, auf den er, bei immer tieferem Hinabrücken der Bäusche, bis zu $2c$, zuletzt treffen musste?

Nur noch einen Versuch am unverletzten Gastroknemius beschreibt Hr. Budge. „Die Muskelsehnen", heisst es a. a. O. unter 4. S. 209, „bezeichnet Hr. Dubois bekanntlich als natürliche „Querschnitte; und ebenso wie ein Strom vom Längsschnitt zum „künstlichen Querschnitt hingeht, soll ein solcher zwischen „Längsschnitt und Sehne bestehen; so dass jener positiv im „Multiplicatordraht[2]) gegen diese ist. In den Hunderten von

1) A. a. O. Bd. I. S. 512 Taf. IV. Fig. 27. — Vergl. Taf. II. S. 22: — Bd. II. Abth. I. Taf. I. Fig. 86.

2) Hier giebt Hr. Budge (vergl. oben Anm. 1 S. 522) die Vertheilung der Spannungen richtig an. Er findet aber für nöthig hinzuzusetzen: „im Multiplicatordraht", vermuthlich weil ihm unklar vorschwebt, dass man bei Angabe der Strömungsrichtung zwischen

„Versuchen, welche ich angestellt habe, ist es mir nicht ein„mal vorgekommen, dass ein Längsschnitt gegen die Sehne „des oberen Endes vom M. gastrocnemius (im Multiplicator„draht) sich positiv verhalte, sondern ausnahmslos, dass der „Strom von der oberen Sehne nach dem Längsschnitt hinging, „also gerade umgekehrt, wie es das Gesetz des Hrn. Dubois „vorschreibt.“ Mit Längsschnitt ist hier, wie aus dem Vorigen erhellt (s. oben S. 540), die ganze Oberfläche des Muskels gemeint, ohne Rücksicht darauf, dass der grösste Theil dieser Oberfläche natürlicher Querschnitt ist. Die Anordnung war je nach dem Abstand der Röllchen die in Fig. 1. mit 3*a*, oder die daselbst mit 3*b* bezeichnete; und der Erfolg ist, wie wir schon wissen, in beiden Fällen völlig dem Gesetz entsprechend, da beide Male der obere Bausch dem vom Querschnitt entferntesten Puncte, der untere im Falle 3*a* dem Querschnitt selber, im Falle 3*b* wenigstens einem dem Querschnitt näheren Puncte anlag. Hr. Budge hätte sich übrigens seine Hunderte von Versuchen sparen können. Auf S. 8 des Pflüger'schen Werkes über den Elektrotonus (Berlin, 1859), welches auch sonst noch nützliche Winke für ihn enthält (vergl. das. S. 157), findet sich auch diese Beobachtung, nach einer mündlichen Mittheilung von mir, bereits erwähnt und erklärt.

§. V.

Der unversehrte Gastroknemius vom Frosch zeigt wirklich einige Eigenthümlichkeiten seiner elektromotorischen Wirkung, die aber Herrn Budge gänzlich entgangen sind, welche beim ersten Blick ausserhalb des Gesetzes des Muskelstromes zu stehen scheinen.

Man sieht hieraus, wie der kleinste Aufwand von Nachdenken und Aufmerksamkeit hingereicht hätte, um Hrn. Budge's Beobachtungen am unversehrten Gastroknemius mit dem

---

zwei Puncten des Kreises entweder an die eine oder an die andere Hälfte desselben, an die Kette entweder oder an den Multiplicatordraht, denken kann. Dass die Vertheilung der Spannungen an der Kette nichts dergestalt Willkürliches, sondern etwas von der Natur Gegebenes sei, scheint ihm nicht deutlich zu sein.

Gesetze des Muskelstromes in befriedigenden Einklang zu bringen. Ich meinerseits hätte mich füglich mit einer Widerlegung seines sinnlosen Angriffes auf Grund meiner älteren Wahrnehmungen begnügen können, wie sie im Vorigen enthalten ist. Da ich aber mittlerweile in den Besitz neuer und den früheren weit überlegener Verfahrungsarten gelangt war, so habe ich selber bei dieser Gelegenheit die Erforschung des Gastroknemius in elektromotorischem Bezuge wieder aufgenommen. Ich bin dabei auf Eigenthümlichkeiten in seiner Wirkungsweise gestossen, der Art, dass wenn Hr. Budge, dem dieselben aber gänzlich entgangen sind, sie als dem Gesetze des Muskelstromes zuwiderlaufend bezeichnet hätte, dies wohl zu verzeihen gewesen wäre. Es ist nicht wenig bezeichnend, dass Herr Budge Züge in dem elektromotorischen Verhalten des Gastroknemius, die ganz leicht nach dem Gesetz des Muskelstromes zu erklären waren, als damit im Widerspruch hingestellt hat, während er sich jene Eigenthümlichkeiten entgehen liess, die beim ersten Blick wirklich damit unverträglich zu sein scheinen. Uebrigens ist es mir alsbald geglückt, den Schlüssel zu diesen scheinbaren Abweichungen zu entdecken, so dass sich schliesslich daraus, statt einer Untergrabung, vielmehr eine Befestigung des Gesetzes ergeben hat.

Die neue Versuchsweise, die mir hier gedient hat, ist in der oben S. 525 Anm. 4. angeführten Abhandlung über Vorrichtungen und Versuchsweisen zu elektrophysiologischen Zwecken ausführlich beschrieben und durch Abbildungen erläutert [1]).

An die Stelle der Zuleitungsgefässe mit ihren Bäuschen u. s. w. treten mit Zinklösung gefüllte, ein verquicktes Zinkblech enthaltende, platte Glasröhren [2]), welche mittels Kugelgelenke

1) S. daselbst S. 95; — Taf. III. Fig. 2. 2 a.

2) Seit dem Druck der eben erwähnten Abhandlung bin ich auf einen weiteren Vortheil der platten Röhren aufmerksam geworden, dass man nämlich wegen der Capillarität die Röhren wagerecht stellen, ja hintenüber neigen kann, ohne dass die Lösung ausfliesst.

In der Abhandlung ist gesagt, man solle, um die Zinklösung in der Röhre vor Verunreinigung mit der verdünnten Kochsalzlösung des

allerwärts beweglich, unten durch Bildhauerthon verschlossen sind, der mit einer sehr verdünnten Kochsalzlösung angeknetet ist. Diesen Thonstiefeln, wie man sie in Jena genannt hat, kann man in jedem Augenblick jede für die Ab- und Zuleitung von Strömen von und zu den thierischen Theilen dienliche Gestalt geben. Im vorliegenden Falle knetet man sie zu feinen Spitzen aus und berührt damit die Puncte des Muskels, deren elektromotorisches Verhalten man zu erforschen wünscht. Eine gute Art, den Muskel dabei zu unterstützen, besteht darin, ihn auf die gewölbte Fläche eines Uhrglases zu legen, welches mit schwarzem Kitt ausgegossen ist. Es hat keine Schwierigkeit, beide Spitzen innerhalb eines Bezirks von nur wenigen Quadratmillimetern dem Muskel anzulegen, und so z. B. das elektromotorische Verhalten der verschiedenen Puncte des Querschnittes eines Froschmuskels gegen einander zu bestimmen. Doch erleichtert es die Versuche sehr, wenn man über etwas grosse Frösche gebietet.

Im Kreise der Röhre befand sich bei diesen Versuchen die Wiedemann'sche Spiegelbussole mit 6 bis 12000 Windungen, deren Spiegel nach Bedürfniss mittels des Hauy'schen Verfahrens astatisch gemacht wurde; ein Schlüssel, der den Kreis immer erst schloss, nachdem den Thonspitzen ihre Stellung am Muskel ertheilt und das Auge dem Fernrohr genähert war; ausserdem aber der von mir in der erwähnten Abhandlung beschriebene Compensator. Letzterer diente theils, um mittels eines von einem Daniell abgeleiteten Stromzweiges etwa auftauchende Ungleichartigkeiten der Ableitungsröhren aufzuwiegen, theils um gelegentlich statt der Stromstärke die elektromotorische Kraft der Muskeln nach dem von mir angegebenen Verfahren zu bestimmen, welches dies wichtige Element, gleich dem Zeug an der Elle, durch eine einzige Able-

---

Thonstiefels zu schützen, die untere Mündung zuerst mit Fliesspapier verstopfen, welches mit der Zinklösung getränkt ist. Viel besser ist es, sie mit Thon zu verschmieren, der mit der Zinklösung angeknetet ist. Ueber diesen Verschluss kommt dann erst der zur Berührung der thierischen Theile bestimmte, mit der verdünnten Kochsalzlösung angeknetete Thonstiefel.

sung unmittelbar zu messen erlaubt[1]). Soviel wie möglich wurden die Versuche im feuchten Raum angestellt.

1) Das Princip, worauf dies Verfahren sich gründet, ergiebt sich unmittelbar mit Hülfe des Satzes, den Hr. Bosscha aus den Kirchhoff'schen Sätzen über Verzweigung der Ströme (Poggendorff's Annalen u. s. w. 1845. Bd. LXIV. S. 513; — 1847. Bd. LXXII. S. 497) abgeleitet hat, dass nämlich ein Zweig einer Leitung, in dem kein Strom kreist, ohne Aenderung des Strömungsvorganges mit einer etwa in dem Zweige befindlichen elektromotorischen Kraft entfernt und wieder hinzugebracht, oder während seiner Anwesenheit als nicht vorhanden angesehen werden kann. (Ebenda, 1858. Bd. CIV. S. 460; — vergl. Wiedemann, die Lehre vom Galvanismus. Braunschweig 1861. S. 138. §. 72.) Demnach hat man für den Fall des Gleichgewichtes in der Nebenleitung λ die Stromstärke $I_\lambda = \frac{E}{C}$, nach dem die geschlossenen Figuren betreffenden Kirchhoff'schen Satz also in dem den Multiplicator u. s. w. enthaltenden Umgang: $\text{Null} \times M + \frac{E}{C} \cdot \lambda = y$, $y = \frac{E}{C} \cdot \lambda$, w. z. b. w.

Von hier aus gelangt man auch leicht dazu, den Grund der Proportionalität zwischen y und λ zu verstehen. Denken wir uns zuerst den Multiplicatorkreis mit der darin befindlichen zu messenden elektromotorischen Kraft entfernt. Im Nebenschliessdraht sind die Spannungen (die Potentialwerthe der freien Elektricität) so abgestuft, dass deren Unterschied an zwei Puncten des Drahtes dem Abstande dieser Puncte von einander proportional ist. Nun sei die Aufgabe gestellt, den Nebenschliessdraht an zwei Puncten mit den Enden des Multiplicatorkreises zu berühren, ohne dass ein Strom in diesem Kreise entstehe, also auch ohne dass die Spannungen auf dem Nebenschliessdraht eine Aenderung erleiden. Die Bedingung dafür wird sein, dass im Multiplicatorkreise eine elektromotorische Kraft herrsche, von gleicher Grösse mit dem Spannungsunterschiede der beiden berührten Puncte, aber von entgegengesetztem Zeichen. Alsdann wird in den beiden Abschnitten des Multiplicatorkreises jederseits vom Sitze der Kraft das Potential constant und von gleichem Werthe wie an dem Puncte des Nebenschliessdrahtes, den das freie Ende des betreffenden Abschnittes berührt, und es geht bei der Berührung Elektricität weder vom Nebenschliessdraht auf den Multiplicatordraht, noch von diesem auf jenen über. Da aber dergestalt die Abstufung der Spannungen auf dem Nebenschliessdraht ungeändert bleibt, so wird die elektromotorische Kraft im Multiplicatorkreise um so grösser sein müssen, je weiter von einander im Nebenschliessdraht die Puncte gewählt

Berühren die Spitzen an der Rückenfläche die eine den Längs-, die andere den Querschnitt (1*a*, 3*a* Fig. 1.), so giebt sich nichts Auffallendes kund. Es erfolgt, wie wir schon wissen, ein starker aufsteigender Strom. Liegen dagegen die Spitzen beide dem Achillesspiegel an, so trifft das oben S. 538 Vorhergesagte nur zum Theil ein. Danach sollte, bei symmetrischer Lage der Spitzen zum Mittelpuncte *C*, der Strom Null sein. Bei jeder anderen Lage sollte zu der dem Längsschnitt näheren Spitze ein schwacher Strom einkehren. Es sollte also z. B. ein Strom im Muskel absteigen, sobald von den in ungleicher Höhe befindlichen Spitzen die untere die dem Längsschnitt nähere ist (s. oben a. a. O. S. 243 und 2*c* Fig. 1.). Liegen die beiden Spitzen am Achillesspiegel in gleicher Höhe neben einander, so ist, bei gleichem Abstande derselben von der Medianebene, der Strom auch wirklich Null, und bei seitlichem Verrücken der Spitzen entsteht ein Strom

---

werden, die der Multiplicatorkreis mit seinen Enden berührt. Umgekehrt, je grösser eine gegebene elektromotorische Kraft im Multiplicatorkreise ist, um so weiter von einander entfernte Puncte des Nebenschliessdrahtes müssen die Enden des Multiplicatorkreises berühren, wenn darin Gleichgewicht bestehen bleiben soll; und so wird die zur Erzielung des Gleichgewichtes im Multiplicatorkreise aufgewendete Länge des Nebenschliessdrahtes ein unmittelbares Maass der in jenem Kreise herrschenden elektromotorischen Kraft. Der Widerstand des Multiplicatorkreises kommt dabei deshalb nicht in Betracht, weil darin keine Bewegung, sondern nur statische Vertheilung der Elektricität stattfindet.

Ich habe auch noch die Bemerkung nachzuholen, wie das Compensationsverfahren sich gestaltet, wenn ausser der zu messenden elektromotorischen Kraft y (der des Muskels oder Nerven) noch eine andere x (eine Ungleichartigkeit der Zuleitungsgefässe) im Multiplicatorkreise vorhanden ist. Man sieht sogleich, dass man die x entsprechende Länge der Nebenleitung $\lambda_{,}$ von der $y+x$ entsprechenden $\lambda_{,,}$ algebraisch abzuziehen hat, da wegen der Proportionalität zwischen der elektromotorischen Kraft im Multiplicatorkreise und der Nebenleitung im Fall des Gleichgewichtes, $x = \text{const.}\,\lambda_{,}$, $y+x = \text{const.}\,\lambda_{,,}$, folglich $y = \text{const.}\,(\lambda_{,,} - \lambda_{,})$ ist. Um ohne den compensirenden Strom umzusetzen sich von der Constanz von x überzeugen zu können, gebe man aber y einerlei Richtung mit x.

wie die Theorie es verlangt. Liegen aber die Spitzen über einander, etwa in der Medianebene, wie in Fig. 1. und 2., so gestalten sich die Dinge nicht, wie wir uns bisher dachten, oder wie es in der ersten Figur, sondern so, wie es in der zweiten vorgestellt ist. In der Lage 1. Fig. 2., wo ein schwacher Strom im Muskel aufsteigen sollte, erfolgt nämlich ein verhältnissmässig zu starker aufsteigender Strom. In der zu *C* symmetrischen Lage 2,. entsprechend 2*b* Fig. 1., wo der Strom Null sein sollte, erhält man immer noch einen kräftigen aufsteigenden Strom, dessen Stärke mit der Spannweite des Bogens wächst. In der 3., entsprechend 2*c* Fig. 1., wo der Strom absteigen sollte, ist er immer noch aufsteigend, obwohl schwächer als in der 2. Der aufsteigende Strom verschwindet erst in einer Lage ähnlich der 4. Endlich erst in der Lage 5. erhält man einen stets nur sehr schwachen absteigenden Strom. Ja es kommt vor, dass entweder die beiden letzteren Fälle, oder wenigstens deren zweiter, gar nicht eintreffen, vielmehr der Strom, beim Verschieben des Bogens bis zur Achillessehne, zuletzt nur verschwindet, ohne sich umzukehren, oder gar bis zuletzt, wenn auch nur spurweise, vorhanden und aufsteigend bleibt. Nähert man sich mit den beiden in ungleicher Höhe befindlichen Spitzen den seitlichen Rändern des Achillesspiegels, so ist nicht die den Rändern nähere Spitze stets die positive, wie sie sollte. Vielmehr ist stets die obere auffallend stark positiv gegen die untere. Der dadurch bewirkte aufsteigende Strom verschwindet nicht bei gleichem Abstand der Spitzen von den Rändern (6. Fig. 2.), und wird nur sehr unbedeutend verstärkt oder geschwächt, nie umgekehrt, wenn man beziehlich die obere oder die untere Spitze dem Rande nähert (7. 8. das.).

Begiebt man sich mit den Spitzen auf den Streifen Längsschnitt an der Tibialfläche, so erhält man richtige Ströme abermals nur, wenn beide Spitzen in gleicher Höhe sind, was bei der Enge des Raumes ein schwerer Versuch ist. Sind die Spitzen in ungleicher Höhe, so passt Alles von ihrem Verhalten am Achillesspiegel nahe dessen Rändern Gesagte mit den nöthigen Abänderungen auch hierher. Stets ist die obere Spitze stark positiv gegen die untere. Der dadurch bewirkte

aufsteigende Strom verschwindet nicht bei gleichem Abstand der Spitzen von den Rändern (1. Fig. 4.), und wird nur sehr unbedeutend verstärkt oder geschwächt, nie umgekehrt, wenn man beziehlich die untere oder die obere Spitze dem Rande nähert (2. 3. das.).

Aber als noch viel fremdartiger erscheint es nunmehr, dass auch der scheinbar so sichere Schluss nicht zutrifft, wonach man zwischen Längs- und Querschnitt des Gastroknemius nach Belieben einen starken absteigenden Strom erhalten müsste, wenn man in der in Fig. 4. bei 4. vorgestellten Art die obere Spitze dem Querschnitt, die untere dem Längsschnitt anlegte. Aeusserst selten hat der Strom die verlangte Richtung, und wenn je, so ist er doch nur von sehr geringer Stärke. Meist ist der Strom aufsteigend, d. h. unerhörter Weise verhält sich der Längsschnitt, statt positiv, negativ gegen den Querschnitt. Der erste Gedanke bei diesem Anblick ist, man habe es mit der Umkehr des Gegensatzes zwischen Längs- und Querschnitt durch die parelektronomische Schicht zu thun[1]). Allein erstens findet man den Strom in der richtigen Richtung vor, sobald die Spitze am Längsschnitt höher oder nur um eine gewisse nicht näher zu bestimmende Grösse niedriger liegt als die am Querschnitt (5. 6. Fig. 4.); zweitens behält der verkehrte Strom nicht allein seine Richtung, sondern nimmt noch an Stärke zu, wenn die parelektronomische Schicht durch Eintauchen des Muskels in eine entwickelnde Flüssigkeit, z. B. Kochsalzlösung, zerstört wird.

An diese Deutung ist also nicht zu denken. Dagegen werden allerdings sämmtliche hier beschriebene Unregelmässigkeiten im elektromotorischen Verhalten unseres Muskels verständlich unter der Annahme eines darin aufsteigenden Stromes, der sich algebraisch zu den durch das Gesetz des Muskelstromes geforderten Strömen hinzufügt, wie der Zuwachs

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 34 ff.; — Monatsberichte der Berliner Akademie 1851 S. 392; — Die Fortschritte der Physik in den Jahren 1850 und 1851 u. s. w. Berlin 1855. S. 164.

im Elektrotonus zum ursprünglichen Nervenstrom, die aufsteigenden verstärkt, die absteigenden schwächt, ja überwiegt. Für die Ströme zwischen verschiedenen Puncten des Achillesspiegels erhellt dies deutlicher aus Fig. 10. A. Taf. XV. In derselben bedeutet die Abscissenaxe *G'CG*, den Durchschnitt der Medianebene mit dem Achillesspiegel, die Ordinaten der punctirten Curve *M'CM*, sind die positiven Spannungen (Potentialwerthe) der zugehörigen Puncte der Oberfläche, wie sie nach dem Gesetz des Muskelstromes sein sollten, die der gestrichelten, der Einfachheit halber als Gerade gedachten Curve *NC'G*, die Spannungen, welche dem vorausgesetzten aufsteigenden Strom zu Grunde liegen, endlich die der ausgezogenen Curve *RC'M*, die resultirenden Spannungen. Denkt man sich zwei beliebige Puncte der Abscissenaxe durch einen Bogen verknüpft, so geht durch den Bogen in der Richtung von dem Puncte, dem die grössere, zu dem Puncte, dem die kleinere Ordinate zugehört, ein Strom, dessen Stärke, abgesehen vom Widerstande, durch den Unterschied der zugehörigen Ordinaten bemessen wird [1]). Die Figur zeigt, wie sich diese Unterschiede in fünf Fällen gestalten, in welchen die Puncte auf der Abscissenaxe die gleiche Lage haben, wie die Fusspuncte des Bogens in Fig. 2., und man überzeugt sich leicht, dass die Ordinatenunterschiede der Grösse und dem Zeichen nach mit der Stärke und Richtung der Ströme übereinkommen, wie sie oben S. 549 angegeben sind. Der Fall, wo es beim Verschieben

1) Ich stellte früher das Gesetz der elektromotorischen Thätigkeit der Nerven und Muskeln graphisch so dar, dass ich mir längst der Abscissenaxe, — der entwickelten Durchschnittsfigur einer durch die Muskel- oder Nervenaxe gelegten Ebene mit der Muskel- oder Nervenoberfläche, — einen Bogen von willkürlicher aber beständiger Spannweite verschoben dachte, und bei jeder Stellung des Bogens auf die Mitte seiner Spannweite die Stärke des im Bogen gegenwärtigen Stromes als Ordinate auftrug. Diese Darstellung hat das für sich, dass sie der reine Ausdruck der Beobachtung ist. Es lässt sich aber dagegen sagen, dass sie nur für eine bestimmte Spannweite gilt, und dass sie von der Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche der thierischen Elektromotore, welche doch das eigentlich zu Erforschende ist, nur mittelbar und unter Einmischung eines willkürlichen Elementes, eben

des Bogens bis zur Achillessehne nicht gelingt, den Strom verschwinden, geschweige sich umkehren zu sehen, erklärt sich durch verhältnissmässig grössere Steilheit der neu hinzutretenden Curve, als sie in der Figur angenommen worden ist. Die resultirende Curve hat alsdann kein Minimum mehr, oder die Dinge gestalten sich wenigstens so, dass der Abstand αG_1 (s. die Figur) kleiner, oder so klein ist wie der kleinste Abstand, den man den Thonspitzen zu ertheilen vermag.

Im Einklange mit dieser Theorie ist der Erfolg nachstehenden Versuches. Es heissen Q_h, Q_t, L_h, L_t beziehlich zwei am Querschnitt (dem Achillesspiegel), und zwei am Längsschnitt (der Tibialfläche) hoch und tief gelegene Puncte. Ist m die Stärke des Muskelstromes zwischen $Q_{h,t}$ und $L_{h,t}$, und n die des vorausgesetzten aufsteigenden Stromes, so steht zu erwarten

zwischen L_h und Q_t im Bogen 5. Fig. 4. die Stromstärke $n+m$,

" L_h " L_t " " 1. " " " n,

" Q_h " Q_t " " 7. " " " n,

" Q_h " L_t " " 4. " " " $n-m$.

Mit anderen Worten: es muss die Stromstärke in den beiden mittleren Fällen die Mitte halten zwischen der grösseren Stromstärke in dem ersten und der kleineren in dem vierten Falle. Dies trifft sehr regelmässig zu.

---

der gewählten Spannweite, Rechenschaft giebt. Es ist daher für manche Zwecke besser, sich der oben gebrauchten Darstellung zu bedienen, wobei die Ordinaten unmittelbar die Spannungen der zugehörigen Puncte der elektromotorischen Oberfläche des Muskels im Helmholtz'schen Sinne angeben (Poggendorff's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 217). Die neue Darstellung umfasst, wie man leicht bemerkt, zugleich das Gesetz der Spannweiten, welches sich der älteren entzieht (Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 695). Beachtung verdient, dass in Fig. 10. A. willkürlich die Muskelstrom-Spannung positiv und im Puncte C = Null gemacht ist, da nach meiner Anschauung vielmehr die des Aequators ein negatives Minimum, die der Pole ein solches Maximum sein würde. Ebenso willkürlich ist die absolute Grösse der neu hinzutretenden Spannungen (der Ordinaten der Curve $NC'G_1$) gewählt. Die Figur wurde so am verständlichsten, während es wesentlich hier nur auf die algebraische Summe der Steilheiten der beiden Curven in jedem Punct ankam, welche von der absoluten Höhe der Ordinaten der Curven unabhängig ist.

Es ist endlich unmöglich, sich hier nicht noch einer Thatsache zu erinnern, auf welche ich längst, als nicht gut erklärbar aus dem Gesetze des Muskelstromes, aufmerksam gemacht habe[1]). Ich meine die grosse Stärke des aufsteigenden Stromes, den man vom Gastroknemius erhält, wenn man einerseits die Haupt-, andererseits die Achillessehne mit den Multiplicatorenden berührt (6. Fig. 2.), also gerade bei einer Anordnung, deren ich mich unzählige Mal bedient habe: zu den Versuchen über den Einfluss der Dehnung und Zusammendrückung auf den Strom, über die negative Schwankung am gedehnten und zusammengedrückten Muskel, vorzüglich aber zur Untersuchung über die parelektronomische Schicht, deren Enträthselung sonst ganz unmöglich gewesen wäre. Dass bei dieser Anordnung ein aufsteigender Strom erscheine, ist an sich verständlich und bereits oben S. 538 aus dem Gesetz abgeleitet worden. Aber der Strom sollte an Stärke vergleichbar sein den schwachen Strömen des Längsschnittes, während er in Wirklichkeit sich dem Strom zwischen Längs- und Querschnitt nähert. Er sollte ferner, wie bereits oben a. a. O. verlangt wurde, verschwinden, wenn die obere Spitze der oberen Grenze G' zwischen Längs- und Querschnitt angelegt wird (10. Fig. 2.). Dies trifft nicht ein, vielmehr bleibt der Strom in grosser Stärke bestehen. Nimmt man an, dass im Gastroknemius ein aufsteigender Strom aus anderer Ursache sich zum Muskelstrom hinzufügt, so würde auch dieser Umstand erklärt sein. Der zu $G'G$, gehörige Ordinatenunterschied $RM' = NG'$ (11. Fig. 10. *A*) stellte dann unmittelbar die Spannung im Falle 10. Fig. 2. vor.

Und so sind wir selber, merkwürdig genug, zu Thatsachen gelangt, wodurch Hrn. Matteucci's durch Hrn. Budge aufgefrischte Lehre von einem im Gastroknemius des Frosches aufsteigenden „Courant propre", der mit Längs- und Querschnitt nichts zu schaffen habe, die erfahrungsmässige Grundlage zu erhalten scheint, deren sie bisher entbehrte, da die Wahrnehmungen, worauf ihre Urheber fussten, sich, wie ge-

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 512.

zeigt wurde, leicht auf den Muskelstrom zurückführen lassen. Inzwischen auch abgesehen davon, dass Hr. Budge von den hier mitgetheilten Thatsachen, welche zur Annahme des aufsteigenden Stromes im Gastroknemius nöthigen, keine gekannt hat, ist zwischen unserer und seiner Vorstellung von einem solchen Strome der Unterschied, dass er am unversehrten Muskel den Muskelstrom leugnet und an seine Stelle den „Courant propre" setzt, während wir jetzt erfahren haben, dass zu dem sich sonst bis in seine feinsten Züge bewährenden Gesetze des Muskelstromes am unversehrten Gastroknemius scheinbar noch das Gesetz hinzutritt, wonach höher gelegene Puncte sich positiv gegen tiefer gelegene verhalten.

Ich betone dies ausdrücklich und erhebe im Voraus Einsprache gegen jeden Versuch, den von mir im Gastroknemius wahrgenommenen aufsteigenden Strom mit dem von Hrn. Budge darin auf irrthümlicher Grundlage behaupteten für einerlei auszugeben, oder diese Einerleiheit durch stillschweigende Voraussetzung derselben zur Geltung zu bringen, und so Hrn. Budge den Nachweis des im Gastroknemius aufsteigenden Stromes, oder wenigstens einen Antheil daran, zuzuschreiben. Hr. Budge hat zwar vor mir angegeben, dass sich am Gastroknemius der Längsschnitt stellenweise negativ gegen den Querschnitt verhalte. Leider für ihn gehört aber der Punct, den er als Längsschnitt bezeichnet, dem Querschnitt, und der Punct, den er als Querschnitt bezeichnet, dem Längsschnitt an. Hr. Budge hat somit, es sei aus guten Gründen hier vorweg gesagt, an der Entdeckung des im Gastroknemius aufsteigenden Stromes gerade soviel Anrecht, wie der Nachbar, der, weil er eine Katze für einen Hasen nimmt, dem Bauer zuruft, es sei ein Hase in seinem Kohl, an dem Hasen, den der Bauer hernach wirklich schiesst.

Wenden wir uns jetzt zum Muskelkopfe. Nach dem Gesetz (s. oben S. 538) sollten sich einfach die vom Achillesspiegel entfernteren Puncte des den Muskelkopf allseits begrenzenden Längsschnittes positiv verhalten gegen die dem Spiegel näheren, mit anderen Worten, man sollte zwischen zwei beliebigen, aber ungleich hoch gelegenen Puncten des Muskelkopfes

einen aufsteigenden Strom finden. Diese Schlussfolge setzt jedoch so grosse Berührungsflächen des Bogens mit dem Muskel voraus, dass die kleinen natürlichen Querschnitte, welche unter der Haupt- und Nebensehne verborgen liegen, keinen merklichen Einfluss ausüben. Für Hülfsmittel von solcher Feinheit, wie wir sie jetzt anwenden, trifft dies nicht mehr zu.

Liegt die eine Spitze der Hauptsehne, die andere einem wenige Millimeter darunter am Umfang des Muskelkopfes gewählten Puncte des Längsschnittes an, so erfolgt häufig ein im Muskel absteigender Strom, der wenige Scalentheile Ausschlag bewirkt, d. h. die Hauptsehne verhält sich schwach negativ gegen jenen Punct. Erst wenn man letzteren ansehnlich tiefer, oder dem Achillesspiegel näher wählt, wird er der negativere, und der Strom aufsteigend.

Hiernach, und nach den neuen auf den Achillesspiegel bezüglichen Ermittelungen, ändert sich beiläufig das, was oben S. 538 über den Einfluss der Spannweite des Bogens auf die Stärke des Stromes zwischen Längs- und Querschnitt vorhergesagt wurde. Danach sollte der stärkste Strom stattfinden zwischen der Hauptsehne und dem Mittelpuncte *C* des Achillesspiegels. Jetzt, wo wir wissen, dass dieser Mittelpunct nicht der negativste Punct des Achillesspiegels und die Hauptsehne nicht der positivste Punct des Muskelkopfes ist, lässt sich vorhersehen, und der Versuch bestätigt es, dass zur Erzeugung des stärksten Stromes nicht diese Puncte mit einander zu verknüpfen sind, sondern die wirklich am Muskelkopf und dem Achillesspiegel beziehlich als der positivste und negativste erkannten, nämlich am Muskelkopf ein etwas unter der Hauptsehne, und am Achillesspiegel ein tiefer als dessen Mitte gelegener Punct.

Wie die Hauptsehne, zeigt sich auch die Nebensehne schwach negativ gegen den umgebenden Längsschnitt, regelmässig wenigstens gegen Puncte desselben, welche mit ihr in gleicher Höhe liegen; und soweit erscheint am Muskelkopfe Alles in der Ordnung. Weit entfernt davon, dass dies Abweichungen vom Gesetz des Muskelstromes wären, kann man in dem wirklich geführten Nachweis der Negativität so kleiner und

so versteckter natürlicher Querschnitte nur eine sprechende Bestätigung jenes Gesetzes sehen[1]). Man könnte höchstens

1) Ich habe schon früher (Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 350) anders bewiesen, dass die Nebensehne sich als Theil des oberen natürlichen Querschnittes des Gastroknemius verhält. Ich schloss den Kreis zwischen Haupt- und Achillessehne an parelektronomischen Gastroknemien, und liess die Multiplicatornadel unter dem Einfluss des schwachen aufsteigenden Stromes, der etwa zugegen war, und des Stromes der Ladungen zur Ruhe kommen. Dann betupfte ich die Nebensehne mit einer entwickelnden Flüssigkeit und sah dabei oft einen absteigenden Ausschlag erfolgen.

Ich habe jetzt diesen Versuch mit den unpolarisirbaren Zuleitungsgefässen an der Spiegelbussole wiederholt, und mich auf's Neue von seiner Richtigkeit überzeugt. Gesättigte Höllensteinlösung ist die geeignetste Flüssigkeit dazu, weil sie sich nicht so leicht verbreitet wie Essigsäure, nicht so langsam eindringt wie Kreosot, und ihr Verbreitungsbezirk stets leicht erkannt wird. (Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 77. 78.) Die Abnahme des Stromes ist eine dauernde; daraus allein folgt, dass sie nicht der negativen Schwankung wegen der Zuckungen beim Anätzen zuzuschreiben sei. Ist der Muskel stark parelektronomisch, so kann er in Folge des Versuches absteigend wirksam bleiben. Das Betupfen keiner anderen Stelle des Muskelumfanges bringt die gleiche Wirkung hervor, obschon auch dabei gezuckt wird. Am beweiskräftigsten ist dieser Gegenversuch an der der Nebensehne symmetrischen Stelle der Tibialfläche. Benetzt man einen Punct der Rückenfläche in gleicher Höhe mit der Nebensehne, so erfolgt sogar oft eine positive, statt einer negativen Veränderung des Stromes. Man kann auch, anstatt chemisch die parelektronomische Schicht unter der Nebensehne zu zerstören, mittels einer kleinen Cooper'schen Scheere die Nebensehne abtragen. Der Erfolg dabei, und bei den entsprechenden Gegenversuchen an anderen Stellen, ist der nämliche wie beim Anätzen. Endlich kann man dem Versuch auch noch eine in gewisser Beziehung richtigere Gestalt ertheilen, indem man dem Muskel, statt der Bäusche an Haupt- und Achillessehne, die Thonspitzen der Zuleitungsröhren so anlegt, dass die eine einen beliebigen, bequem gelegenen Punct des Längsschnittes, die andere einen der Nebensehne möglichst nahen Punct desselben berührt, und dann die Nebensehne anätzt oder abträgt. Dadurch wird der letztere Punct negativer gegen den anderen, eine Wirkung, welche nicht eintritt, wenn man die beiden Spitzen zweien beliebigen Puncten des Längsschnittes anlegt und quer auf die Verbindungslinie der beiden Spitzen, dicht an der einen, einen Strich mit dem Höllensteinpinsel zieht.

fragen, weshalb diese Querschnitte sich nur schwach negativ verhalten und nicht vielmehr so stark wie der Achillesspiegel. Darauf lässt sich antworten, dass erstens, welche Mühe man sich auch gebe, mit der Thonspitze nur den elektrischen Zustand des Querschnittes zu erforschen, dies doch vermuthlich nicht gelinge, namentlich nicht an der Hauptsehne, wo der Querschnitt unter einer dicken Masse von Sehnengewebe versteckt sei; und dass zweitens Haupt- und Nebensehne sich vielleicht ebenso negativ verhalten, wie Puncte des Achillesspiegels, die dessen äussersten Saum bilden und so nah wie jene dem Längsschnitt sind.

Ueber diesen Umstand wird man also fortsehen dürfen. Allein der Kopf des Gastroknemius lässt nun auch wirklich, gleich dem übrigen Muskel, in seiner elektromotorischen Wirkung Umstände erkennen, welche nicht mit dem Gesetz des Muskelstromes zu vereinigen sind. Während sich die Nebensehne mit der Hauptsehne gleichartig, und negativ gegen einen wenig tiefer als sie gelegenen Punct verhalten sollte, findet man sie meist negativ gegen die Hauptsehne und positiv gegen einen tieferen Punct. In beiden Fällen erfolgt also ein schwacher aufsteigender Strom. Einen solchen Strom erhält man auch, wenn man einen in gleicher Höhe mit der Nebensehne gelegenen Punct des Längsschnittes mit einem tieferen Puncte verknüpft. An und für sich könnte man diesen als den schwachen Strom des Längsschnittes, vom Achillesspiegel fort im Muskel, auffassen; aber der von einem tieferen Puncte zur Nebensehne, und von der Neben- zur Hauptsehne aufsteigende Strom ist jedenfalls etwas Anderes, und erscheint am Muskelkopfe als die Fortsetzung des aufsteigenden Stromes, den wir in den unteren Theilen der Tibialfläche wahrgenommen haben. Auch hierin könnte man sich, insofern dadurch keine neue Annahme nöthig gemacht wird, jetzt leicht finden. Was aber gar nicht dazu stimmt, ist, dass man manchmal an der Rücken-

Die Negativität der Hauptsehne gleich der der Nebensehne durch Anätzen zu erhöhen, gelingt schlecht wegen der verhältnissmässig grossen und ungleichen Dicke, in der sie den unter ihr liegenden natürlichen Querschnitt überzieht.

fläche des Muskelkopfes, zwischen der Hauptsehne und dem Rande G' des Achillesspiegels, nirgends einen aufsteigenden Strom antrifft, da sich doch hier der Längsschnittsstrom vom Querschnitt fort im Muskel mit dem „Courant propre“ summiren müsste, sondern hartnäckig einen schwachen absteigenden Strom (11. Fig. 2.).

Diese schwachen Ströme am Muskelkopfe sind übrigens sehr unbeständig, so dass man sie nicht immer in den angezeigten Richtungen vorfindet, und dass sie im Vergleich zu einander oft sehr verschiedene Stärke zeigen. Ich habe mit ihrer Erforschung viel Zeit verbracht, ohne zu einer sicheren Beherrschung der dabei auftretenden Zufälligkeiten zu gelangen.

Was die parelektronomische Schicht betrifft, so sieht man im Allgemeinen, unserer Vorhersage gemäss, alle hier beschriebenen Wirkungen mit deren Entwickelung einander proportional abnehmen, und mit deren natürlicher Rückbildung, oder künstlichen Schwächung im Versuch, ebenso sich steigern.

§. VI.

Die besonderen elektromotorischen Wirkungen des unversehrten Gastroknemius lassen sich auch an einem regelmässig gefaserten Muskel hervorrufen, den man nach Art des Gastroknemius zuschneidet. Man erhält so eine neue Art von Muskelströmen, die „Neigungsströme“.

Ehe wir die Annahme eines im Froschgastroknemius zum Muskelstrom hinzutretenden, aufsteigenden „Courant propre“ als nothwendig anerkennen, wird es gerathen sein zu untersuchen, welcher Antheil an den unregelmässigen Wirkungen dieses Muskels vielleicht der besonderen Anordnung seiner Fleischbündel zukomme. Ein Weg dazu würde sein, an einem anderen Muskel, an dem vermöge seines von Natur regelmässigen Baues das Gesetz des Muskelstromes rein hervortritt, dieselbe Anordnung künstlich herzustellen. Wenn alsdann an diesem Muskel ähnliche Abweichungen der elektromotorischen Thätigkeit einträten wie am Gastroknemius, so würde deren Ursprung aus den Eigenthümlichkeiten des Gastroknemiusbaues und deren Unabhängigkeit von einem „Courant propre“ selbst

dann erwiesen sein, wenn deren theoretische Herleitung durch die Verwickelung des Gegenstandes unmöglich gemacht wäre. Auf den ersten Blick mag dieser Plan unausführbar scheinen; man wird aber gleich sehen, dass er mit gar keinen Schwierigkeiten verknüpft ist. Um ihn zu verwirklichen, haben wir nur nöthig, auf das in Fig. 5. gegebene, oben S. 529. 530 erläuterte Schema des Gastroknemiusbaues zurückzugehen. Das Zusammenklappen des oberen natürlichen Querschnittes in der Längsmittellinie, das Verwachsen seiner Hälften zur sehnigen Scheidewand werden wir freilich nicht nachahmen können. Aber nichts verhindert uns, mit künstlichem Querschnitt eine solche Anordnung herzustellen, wie wir sie, mit natürlichem Querschnitt, als Urgestalt des Gastroknemius vorausgesetzt haben.

Der Adductor magnus stellt, abgesehen von seinen sehnigen Enden und von einer leichten Asymmetrie derselben, vermöge welcher er oben breiter und dünner, unten schmäler und dikker ist, einen Cylinder vor, der zur Grundfläche ein längliches Rechteck mit abgerundeten Ecken hat. Durch zwei parallele Schnitte, welche senkrecht auf die platte Seite des Cylinders unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel gegen seine Axe geführt werden[1]), entsteht das in Fig. 11. abgebildete Präparat, das wir einen Muskelrhombus nennen wollen, wegen der Gestalt der Schnittfläche, die man erhält, wenn man sich durch die grossen Axen $G'CG_1$, $\Gamma'K\Gamma_1$ der als Ellipsen gedachten schrägen Grundflächen eine Ebene gelegt denkt. Die Aehnlichkeit zwischen dem so zugeschnittenen Adductor magnus und dem in Fig. 5. schematisirten Gastroknemius vor dem Zusammenklappen seines oberen natürlichen Querschnittes springt in die Augen.

Ehe wir an die Untersuchung der Ströme am Muskelrhombus gehen, will ich zuerst die Aufmerksamkeit auf einen da-

1) Die richtige Art, Querschnitte für derartige Versuche zu machen, ist die schon früher (Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 698) von mir angegebene, die Muskeln auf eine passende Unterlage, etwa auf die Narbenseite eines Stückes Leder, zu legen, und ein senkrecht aufgesetztes Rasirmesser möglichst rasch hindurchzudrücken.

bei in Betracht kommenden Umstand lenken, auf den ich zwar schon bei anderer Gelegenheit hingewiesen[1]), den ich aber noch nie, wie er es verdiente, ausdrücklich durch Versuche erläutert habe. Ich meine die Abnahme der Negativität des Querschnittes mit dem Winkel zwischen demselben und der Faserrichtung[2]).

Da man den Muskel verkürzt, wenn man an Stelle des senkrechten einen schrägen, und an Stelle dieses wieder einen senkrechten Querschnitt anlegt, so ist zuerst der Einfluss zu prüfen, den die Verkürzung an sich, ohne dass die Neigung des Querschnittes verändert wird, auf den Spannungsunterschied zwischen Längs- und Querschnitt übt; und da der Widerstand des Muskels mit der Verkürzung abnimmt, so ist es am besten, statt die Stromstärke an der Bussole, gleich am Compensator die elektromotorische Kraft zu messen. Ein Punct des Längsschnittes, nah dem einen sehnigen Ende des Muskels, wird mit etwas Russ bezeichnet; er ist bestimmt, mit der Thonspitze einer Zuleitungsröhre berührt zu werden. Am anderen Ende des Muskels wird ein senkrechter oder schräger Querschnitt angelegt, und gegen das Thonschild eines meiner neuen Zuleitungsgefässe geschoben[3]). Hat man den Spannungsunterschied der beiden abgeleiteten Stellen gemessen, so wird ein neuer senkrechter, beziehlich schräger Querschnitt hergestellt, der den Muskel um einen bestimmten Bruchtheil, z. B. um ein Viertel der Strecke zwischen dem ersten Querschnitt und dem abgeleiteten Puncte des Längsschnittes verkürzt, und der neue Spannungsunterschied bestimmt. So wer-

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 504; — Bd. II. Abth. 2. S. 122.124.

2) Genau genommen sollte mit Querschnitt nur ein senkrechter Durchschnitt der Muskelbündel bezeichnet werden. Inzwischen würde, wie die Sachen stehen, diese Beschränkung ihre Nachtheile haben, und es wird daher im Folgenden ohne Rücksicht darauf häufig von schrägen Querschnitten die Rede sein.

3) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen u. s. w. Taf. I. Fig. 1. S. 88—95. Die neuen Zuleitungsgefässe wurden zu allen in gegenwärtiger Abhandlung vorkommenden Versuchen benutzt, bei denen nicht durch die Natur der Sache die Anwendung der Zuleitungsröhren mit Thonspitzen geboten war.

den noch zwei Viertel jener Strecke folgweise abgetragen und die zugehörigen Spannungen verzeichnet. Je nachdem die abgeleitete Stelle des Längsschnittes am oberen oder am unteren Ende des Muskels liegt, ist die Kraft dabei im Muskel auf- oder abwärts gerichtet.

In der ersten der am Schluss der Abhandlung befindlichen Tabellen sind die Zahlen in den mit 0. 1. 2. 3. bezeichneten Columnen beziehlich die Spannungsunterschiede bei unverkürztem, bei um 1, 2 und 3 Viertel verkürztem Muskel, gemessen in der willkürlichen Einheit der Compensatorgrade und mit einem Grove zur compensirenden Kette. Das Pluszeichen bedeutet die auf-, das Minuszeichen die absteigende Richtung der Kraft.

Die Tabelle lehrt, dass bei dieser Versuchsweise die Verkürzung anfangs keine Veränderung der Kraft bewirkt, wodurch zufällige Umstände, die ein Schwanken der Kraft herbeiführen, überwogen würden. Nur das Abtragen des dritten Viertels zieht mit seltenen Ausnahmen ein Sinken der Kraft nach sich. In den „Untersuchungen“ habe ich gezeigt, dass von zwei gleichnamigen Muskeln desselben Frosches, die durch zwei künstliche Querschnitte begrenzt, einerseits mit dem einen Querschnitt, andererseits mit dem Aequator aufgelegt werden, der längere meist die Oberhand hat[1]). Zwischen diesem Ergebniss und dem jetzigen besteht somit anscheinend ein Widerspruch, mit dessen Lösung wir uns indess hier nicht befassen wollen.

Wiederholen wir jetzt dieselben Versuche mit dem Unterschied, dass wir beim Verkürzen des Muskels senkrechte und schräge Querschnitte mit einander abwechseln lassen. Es versteht sich, dass man dies am nämlichen Muskel um so seltener wird thun können, je schräger man die Querschnitte macht und je breiter der Muskel im Vergleich zu seiner Länge ist. Dies erklärt, weshalb in der Tabelle II, welche das Ergebniss dieser Versuche enthält und sonst keiner Erläuterung bedarf, am

1) A. a. O. Bd. I. S. 694; — vergl. Bd. II. Abth. I. S. 266, wo dasselbe Gesetz für die Nerven bewiesen wird.

Rectus internus z. B. eine grössere Anzahl solcher Wechsel vorkommt, als am Adductor magnus. Wie man sieht, sinkt der Spannungsunterschied sehr regelmässig, wenn der Querschnitt schräg, und steigt wieder, wenn auch nicht immer zur früheren Höhe, wenn der Querschnitt wieder senkrecht gemacht wird.

Auf diesem Wege fällt der Beweis unseres Satzes etwas umständlich aus. Einfacher gelangt man dazu, indem man einen Muskel mit einem senkrechten und einem schrägen Querschnitt zwischen die Bäusche bringt. Bei gehöriger Neigung des schrägen Querschnittes erhält man fast stets einen mehr oder minder kräftigen Strom, der den schrägen Querschnitt als positiv gegen den senkrechten anzeigt.

Der Untersuchung der Ströme am Muskelrhombus ist ferner die Bemerkung voraufzuschicken, dass ich es mittels der Zuleitungsröhren mit Thonstiefeln jetzt dahin gebracht habe, am Adductor magnus oder Semimembranosus eines grossen Frosches das elektromotorische Verhalten der einzelnen Puncte eines oder zweier künstlichen Querschnitte gegen einander, als vollkommen dem Gesetz entsprechend, nachzuweisen. An einem und demselben Querschnitt war mir dies früher nur an Kaninchenmuskeln, an zwei Querschnitten aber noch gar nicht gelungen, da ich an Kaninchen keinen dazu passenden Muskel fand, meine früheren Vorrichtungen aber zu grob waren, um den Versuch am Frosch anzustellen [1]). Jetzt also lässt sich ohne Schwierigkeit darthun, dass jeder dem Umfang des Querschnittes nähere Punct sich positiv verhält gegen jeden der Mitte näheren, während schwächere Ausschläge in unbestimmter Richtung erfolgen, wenn man sich bemüht, die Spitzen solchen Puncten anzulegen, die gleich weit vom Umfang liegen; gleichviel ob die Puncte auf dem nämlichen Querschnitt oder auf dem oberen und unteren Querschnitt des Muskels gewählt sind.

Wiederholt man nunmehr diese Versuche an einem der schrägen künstlichen Querschnitte des Muskelrhombus, so fin-

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 507 — 512.

det man daran die Ströme völlig in der nämlichen Weise verändert, wie an dem schrägen natürlichen Querschnitt des Gastroknemius. Betrachten wir, wodurch die Uebereinstimmung deutlicher wird, den unteren Querschnitt, dessen grosse Axe die spitze Rhombusecke bei G_1 einschliessen hilft. Setzt man die beiden Spitzen, was natürlich nur an sehr grossen Muskeln ausführbar ist, dem schrägen künstlichen Querschnitt in dessen kleiner Axe $r'Cr_1$, oder so auf, dass ihre Verbindungslinie dieser Axe parallel ist, so giebt sich nichts besonderes zu erkennen. In der Richtung der grossen Axe hingegen macht sich, ganz wie der Länge nach am Achillesspiegel, die Störung geltend. In der Lage 1., wo ein schwacher Strom im Muskel aufsteigen sollte, erfolgt nämlich ein verhältnissmässig zu starker aufsteigender Strom. In der zur Mitte C der grossen Axe symmetrischen Lage 2., wo der Strom Null sein sollte, erhält man immer noch einen kräftigen aufsteigenden Strom, dessen Stärke mit der Spannweite des Bogens wächst. In der 3., wo der Strom absteigen sollte, ist er immer noch aufsteigend, obwohl schwächer als in der 2. Der aufsteigende Strom verschwindet erst in einer Lage, ähnlich der 4. Endlich erst in der Lage 5. erhält man einen stets nur sehr schwachen absteigenden Strom. Ja es kommt vor, dass entweder die beiden letzteren Fälle, oder wenigstens deren zweiter, gar nicht eintreffen, vielmehr der Strom, beim Verschieben des Bogens bis zur spitzen Rhombusecke, zuletzt nur verschwindet, ohne sich umzukehren, oder gar bis zuletzt, wenn auch nur spurweise, vorhanden und aufsteigend bleibt.

Die Erscheinungen am oberen Querschnitt, beim Verschieben des Bogens von der stumpfen nach der spitzen Rhombusecke, sind die nämlichen, nur dass für aufsteigend überall absteigend zu setzen ist, und umgekehrt. Aber auch die Ströme des Längsschnittes sind entsprechend verändert. Wir wollen, der Kürze halber, Längsschnittsseiten des Muskelrhombus die Durchschnittslinien einer durch die grossen Axen der schrägen Querschnitte $G'CG_1$, $\Gamma'K\Gamma_1$ gelegten Ebene mit dem Cylindermantel nennen. Betrachten wir diejenige dieser Längsschnittsseiten, $G_1\omega\Gamma_1$, welche mit der grossen Axe des unteren Quer-

schnittes den unteren spitzen Winkel des Rhombus bei G, einschliesst. Hier gestalten sich die Dinge folgendermassen. In der Stellung 6., wo ein schwacher Strom im Muskel aufsteigen sollte, tritt ein verhältnissmässig viel zu starker Strom in dieser Richtung ein. In der zur Mitte m, der Längsschnittsseite symmetrischen Lage 7., wo der Strom Null sein sollte, erhält man immer noch einen kräftigen aufsteigenden Strom, dessen Stärke mit der Spannweite des Bogens wächst. In der 3., wo der Strom absteigen sollte, ist er immer noch aufsteigend, obwohl schwächer als in der 7. Der aufsteigende Strom verschwindet erst in einer Lage ähnlich der 9. Endlich erst in der Lage 10. erhält man einen stets nur sehr schwachen absteigenden Strom. Ja es kommt vor, dass entweder die beiden letzteren Fälle, oder wenigstens deren zweiter gar nicht eintreffen, vielmehr der Strom, beim Verschieben des Bogens bis zur stumpfen Rhombusecke zuletzt nur verschwindet, ohne sich umzukehren, oder gar bis zuletzt, wenn auch nur spurweise, vorhanden und aufsteigend bleibt.

Die Erscheinungen an der anderen Längsschnittsseite, $G'm'\Gamma'$, beim Verschieben des Bogens von der spitzen nach der stumpfen Rhombusecke, sind die nämlichen, nur dass für aufsteigend überall absteigend zu setzen ist, und umgekehrt.

Das Ganze der sich hier kundgebenden Abweichungen vom Gesetze des Muskelstromes kann man sich offenbar dadurch hervorgebracht denken, dass an den vier Seiten des Muskelrhombus zu den gewöhnlichen Strömen solche hinzutreten, die an jeder Seite im Bogen von der stumpfen zur spitzen Ecke fliessen (11. 12. 13. 14. in der Figur), in den beiden unteren, die spitze Ecke G, einschliessenden Seiten also auf-, in den beiden oberen, die spitze Ecke Γ' einschliessenden Seiten abzusteigen scheinen. Man kann diese Ströme die Neigungsströme nennen, weil sie mit der Neigung des Querschnittes gegen die Axe der Bündel auftreten. Dass diese Annahme genügt, die beschriebenen Erscheinungen zu erklären, erhellt zum Theil mit Hülfe der nämlichen Construction, welche uns gedient hat, die ganz ähnlichen Erscheinungen am Achillesspiegel abzuleiten. Vergl. oben S. 550 und Fig. 10. *A*, wo die Abscissen-

axe $G'CG_,$ jetzt die ebenso bezeichnete grosse Axe des schrägen künstlichen Querschnittes, die Curve $NC'G_,$ aber die dem Neigungsstrome zu Grunde liegenden Spannungen bedeutet. Die entsprechende Construction für die eine Längsschnittsseite des Rhombus ist in Fig. 10. *B* durchgeführt. Die Abscissenaxe $G_,m_,\Gamma_,$ stellt die Seite des Rhombus vor, welche mit der vorigen die spitze Ecke bei $G_,$ einschliesst. Abermals ist die punctirte Curve $M''M_{,,}$ die der gewöhnlichen Muskelstrom-Spannungen, die gestrichelte $N'G_,$ gehört dem Neigungsstrom an, die ausgezogene RM'' bedeutet die resultirenden Spannungen. Auch hier sind in der Figur die Ordinatenunterschiede vorgestellt, wie sie sich in den am Rhombus sichtbaren fünf Lagen des Bogens gestalten, und man überzeugt sich leicht, dass sie der Grösse und dem Zeichen nach mit der Stärke und Richtung der Ströme übereinkommen, wie sie oben angegeben sind. Die Fälle, wo es an der Querschnitts- oder Längsschnittsseite eines Rhombus beim Verschieben des Bogens beziehlich nach der spitzen oder stumpfen Ecke nicht gelingt, den darin zur spitzen Ecke gerichteten Strom verschwinden, geschweige sich umkehren zu sehen, unterliegen der nämlichen Deutung wie das entsprechende Verhalten am Achillesspiegel (s. oben S. 552).

Die Neigungsströme treten rein hervor in den vier symmetrischen Lagen der Spitzen zu den Puncten $C_,'$ K, m' und $m_,$. Wird der Bogen aus der symmetrischen Lage zur Mitte einer Längsschnittsseite, z. B. aus der zu $m_,$ symmetrischen Lage 11. Fig. 11., so verschoben, dass die Verbindungslinie seiner Enden der Muskelaxe parallel bleibt, während deren Mitte eine dem Umfange der schrägen Querschnitte parallele Curve, den schrägen Aequator des Muskelrhombus $m_,\mu'm'$, beschreibt, so nimmt der aufsteigende Strom bis zur Durchschnittslinie $r'\mu'\varrho'$ stetig ab, schlägt hier in den absteigenden Strom um, und wächst als solcher wiederum, bis der Bogen die symmetrische Stellung 13. zu m' erlangt hat.

Es giebt noch eine andere Art, die Neigungsströme den schrägen Querschnitten entlang unvermischt mit dem gewöhnlichen Muskelstrom darzustellen. Dazu braucht man nur den Bogen z. B. in die mit 15. bezeichnete Lage zu bringen, wo-

bei seine Enden Längsschnitt in gleicher Entfernung vom Querschnitt berühren. Es entsteht ein starker Strom im Bogen von der stumpfen nach der spitzen Rhombusecke und aufsteigend im Muskel. Wird der Bogen dem Muskel entlang so verschoben, dass die Verbindungslinie seiner Enden stets auf einer dem Umfange des schrägen Querschnittes parallelen Curve bleibt, während deren Mitte die Gerade $r'\mu'\varrho'$ beschreibt, so nimmt der Strom ab bis zum Aequator des Muskelrhombus, schlägt hier um in die absteigende Richtung, und erreicht in dieser wieder eine grosse Stärke in der Lage 16., welche am oberen Querschnitt der Lage 15. am unteren entspricht.

Die Schneidepuncte μ', μ, des schrägen Aequators mit den Geraden, in welchen eine durch die kleinen Axen der schrägen Querschnitte gelegte Ebene den Cylindermantel schneidet, sind gegen Längsschnittspuncte nah den spitzen Ecken stark, gegen solche nah den stumpfen Ecken schwach positiv, gegen letztere wohl nuf als gegen dem Querschnitt nähere. Jene Schneidepuncte sind somit die positivsten der ganzen Oberfläche des Rhombus.

Natürlich mischen sich die Neigungsströme auch in den Erfolg bei Verknüpfung zweier den beiden Querschnitten, oder den beiden Längsschnittsseiten des Rhombus angehörigen Puncte. Puncte des einen Querschnittes oder der einen Längsschnittsseite, welche einer stumpfen Ecke nahe sind, verhalten sich positiv gegen die einer spitzen Ecke gleich nahen des anderen Querschnittes, beziehlich der anderen Längsschnittsseite u. s. f.

Die Neigungsströme summiren sich aber algebraisch nicht blos zu den durch das Gesetz des Muskelstromes zwischen Puncten des Längs- oder Querschnittes geforderten Strömen, sondern auch zum Strom zwischen Längs- und Querschnitt selber. Zwischen m', m, einerseits, und C, K andererseits, findet man den Muskelstrom im richtigen Sinne, wegen der Schräge der Querschnitte aber nur schwach vor (17. Fig. 11.). Dasselbe gilt überhaupt von Puncten des Längs- und des Querschnittes, die gleich weit von einer stumpfen oder von einer spitzen Rhombusecke liegen. Zwischen einem Puncte des Längsschnittes hingegen, der einer stumpfen, und einem Puncte des

Querschnittes, der einer spitzen Ecke nahe liegt, findet man einen auffallend kräftigen Strom vor (18. Fig. 11.). Er wird am stärksten, wenn man am Längsschnitt die Spitze einem der Schneidepuncte μ', $\mu_{,}$, aufsetzt, da dann der Bogen einen der beiden positivsten mit einem der beiden negativsten Puncte des Rhombus verknüpft. Endlich zwischen einem Puncte des Längsschnittes, der einer spitzen, und einem des Querschnittes, der einer stumpfen Ecke nahe liegt, findet man den Strom auf wenig Scalentheile beschränkt, ja häufig umgekehrt (19. Fig. 11.), so dass hier der natürliche Längsschnitt sich gegen den künstlichen Querschnitt negativ verhält, wie unter bestimmten Umständen am Gastroknemius gegen den natürlichen (s. oben S. 549), was uns aber jetzt nicht mehr, wie damals, den Eindruck des Unerhörten macht, da wir deutlich sehen, dass es sich in diesen Fällen nicht um eine Umkehr des Gegensatzes zwischen Längs- und Querschnitt handelt, sondern um eine durch eine besondere Anordnung der elektromotorischen Elemente an jedem Muskel jederzeit hervorzurufende Abänderung der Resultirenden aus deren Wirkungen.. Fig. 10. *A*, *B* zeigt auch für diesen Fall (12.) den Ordinatenunterschied $R_q R_l$ der Curve der resultirenden Spannungen. Wie man sieht, fällt dessen Zeichen verschieden aus von dem des grösseren Unterschiedes $M_l M_q$ der zu denselben Abscissen gehörigen Ordinaten der Curve der Muskelstrom-Spannungen.

Der den Neigungsströmen zu Grunde liegende Spannungsunterschied ähnlich gelegener Puncte am schrägen Querschnitt muss nothwendig eine solche Function der Neigung des Querschnittes gegen die Faserrichtung sein, dass dieselbe ein Maximum hat, da zuletzt ein Punct kommt, wo der künstliche Querschnitt mit dem künstlichen Längsschnitt zusammenfällt. Es ist mir erschienen, als würde dieses Maximum erst bei einer Neigung beträchtlich grösser als 45° erreicht, doch ist es sehr schwer, hierüber etwas auszumachen.

Der Spannungsunterschied ähnlich gelegener Puncte an den schrägen Querschnitten und an den Längsschnittseiten des Rhombus scheint gleich gross zu sein. Aber auch über diesen Punct gelangt man zu keinen scharfen Bestimmungen.

Was die absolute Grösse betrifft, der das Maximum des Spannungsunterschiedes zwischen den äussersten Puncten der schrägen Querschnitte oder der Längsschnittsseiten fähig ist, so sahen wir schon, dass dasselbe den Unterschied zwischen Längsschnitt und schrägem Querschnitt übertrifft. Ueberraschend ist aber, dass dies Maximum sogar grösser wird, als der Unterschied zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt. Man erfährt dies, indem man die beiden grossen Adductoren desselben Frosches, deren einer wie gewöhnlich, der andere als Muskelrhombus zugerichtet ist, einander im nämlichen Kreise entgegengesetzt; jenen mit dem Aequator des Längsschnittes und dem einen künstlichen Querschnitt auf den Thonschildern der Zuleitungsgefässe, diesen mit den Thonspitzen der Zuleitungsröhren an den äussersten Puncten eines seiner schrägen Querschnitte, oder einer seiner Längsschnittsseiten. Meist zwar überwiegt der gewöhnliche Muskelstrom; oft aber kommt es auch vor, dass der Neigungsstrom der stärkere ist. Sehr regelmässig unterliegt der senkrecht durchschnittene Muskel, wenn man zum Neigungsstrom noch den Strom vom Längsschnitt zum schrägen Querschnitt fügt, indem man die am Querschnitt der stumpfen Ecke nahe Spitze einem der Schneidepuncte μ', μ, anlegt. So haben wir unerwartet in dem Schrägdurchschneiden der Muskeln ein Mittel entdeckt, ihnen stärkere elektromotorische Wirkungen zu entlocken, als je bisher.

Dass der Adductor magnus hier keine ihm eigene Rolle spiele, bedarf kaum der Erwähnung. Am besten nach ihm ja in mancher Hinsicht noch besser, schickt sich zur Darstellung der Neigungsströme der Semimembranosus. Aber auch am Sartorius kann man das Hauptsächlichste davon nachweisen, nur dass es schwer hält, mit den Spitzen am Querschnitt bis nah an die scharfen Ränder des Muskels zu gehen, ohne auf Längsschnitt überzutreten.

Die Neigungsströme sind nach dem Allen als eine den Strömen des Längs- und des Querschnittes, ja dem Strom zwischen Längs- und Querschnitt selbst, ebenbürtige Erscheinung aufzufassen, und als ein neuer regelmässiger Zug in

die Beschreibung des Muskels als Elektromotors aufzunehmen. Nach Darlegung des Gegensatzes zwischen Längs- und Querschnitt, und der Ströme am Längs- und am Querschnitt des senkrecht durchschnittenen Muskels, wird man fortan bemerken müssen, dass dieser Fall, in dem die Neigungsströme verschwinden, nur ein besonderer sei, und dass im allgemeinen Fall des schräg durchschnittenen Muskels, während die Negativität des Querschnittes abnimmt, die Neigungsströme auftreten, deren Stärke mit der Neigung des Querschnittes zuerst zunimmt und später wieder sinkt.

Um die Neigungsströme zu beobachten, ist es nicht nöthig, einen regelmässigen Muskelrhombus herzustellen. Wo immer man durch den Adductor magnus u. s. w. einen schrägen Querschnitt führe, man findet daran den Neigungsstrom richtig vor ($q' q$, Fig. 12.). Um das Verhalten der Neigungsströme am Längsschnitt eines solchen unvollständigen Rhombus zu ermitteln, legt man zuerst die beiden Thonspitzen dem Längsschnitt etwa in $l l_1$ an, ehe der Schnitt $l_1 l_2$ gemacht ist. In der Regel ist ein Strom vorhanden, der l, weil näher dem oberen natürlichen Querschnitt O, als schwach negativ gegen l_1 anzeigt. Wird der Muskel in $l_1 l_2$ durchschnitten, so kehrt sich dieser Strom um, weil nun l_1, als dem künstlichen Querschnitt näher, negativer ist als l, und der dadurch bedingte Strom, wie man annehmen muss, den Neigungsstrom überwiegt. Der Strom wächst, wenn man statt des schrägen Schnittes $l_1 l_2$ den senkrechten $l_1 l_3$ anlegt, weil der Neigungsstrom fortfällt, und weil ein senkrechter Querschnitt negativer ist als ein schräger. Der Strom wird am stärksten, wenn die rechte Ecke l_1 durch den Schnitt $l_1 l_4$ in eine spitze verwandelt wird, weil nun der Neigungsstrom, statt wie zuerst sich vom gewöhnlichen Strom abzuziehen, sich hinzufügt, und weil er, wie man annehmen muss, den Unterschied zwischen dem gewöhnlichen Strom bei schrägem und bei senkrechtem Querschnitt übertrifft. Die Neigungsströme machen sich hier also nur durch den beständigen und sehr auffallenden Unterschied bemerkbar, den sie in der Stärke der schwachen Ströme des Längsschnittes hervorbringen, je nachdem letzterer an eine stumpfe oder an eine spitze Ecke stösst.

Das Zuschneiden des Muskelrhombus aus dem Adductor magnus bringt es mit sich, dass die beiden stumpfen Ecken der Mitte, die beiden spitzen den Enden des Muskels angehören. Man könnte den Verdacht fassen, der im Muskel von jeder spitzen Ecke zu den beiden stumpfen gerichtete Strom sei die Folge eines vorherbestehenden elektromotorischen Unterschiedes zwischen der Mitte und den Enden des Muskels, der dann auch die Ursache der schwachen Ströme des Längsschnittes enthalten könnte. Doch ist so eben bemerkt worden, dass man die Neigungsströme richtig vorfindet, wo immer man den schrägen Querschnitt führe, und was insbesondere diese Ströme an den Längsschnittsseiten betrifft, so sahen wir sie daran in Folge des Anlegens des schrägen Querschnittes hervortreten. Hier können sie demnach nicht auf vorherbestehenden Unterschieden beruhen. Die Neigungsströme am Querschnitt aber haben, wie Fig. 12. verdeutlicht, an zwei zusammengehörigen Querschnitten entgegengesetzte Richtung. Die obige Vorstellung würde also verlangen, dass eine Stelle des Muskelinneren q' sich zu einer anderen Stelle q, positiv und auch negativ verhielte, was ungereimt ist. Legt man die Spitzen zwei Puncten des noch undurchschnittenen Muskels an, die schräg über einander liegen, wie l_5, l_6, so erhält man einen schwachen Strom, der von der Lage der Puncte zum Aequator abhängt. Wird dann daran vorbei der schräge Schnitt $l_1 l_2$ geführt, so tritt der Neigungsstrom des Querschnittes jetzt ebenso hervor, wie vorher der des Längsschnittes bei der Lage $l l_1$ der Spitzen und dem Führen der Schnitte $l_1 l_2$, $l_1 l_4$.

Ueber den Einfluss der Dimensionen der Muskelrhomben auf die Stärke der Neigungsströme fehlt es noch an Versuchen, und wird es sehr schwer sein etwas auszumachen.

Eine bemerkenswerthe Abänderung der Versuche am Muskelrhombus entsteht, wenn man einen Muskel so zuschneidet, wie Fig. 13. zeigt. Die mit + bezeichneten Ecken dieses Präparates sollen zur Erinnerung an ihren Ursprung Längsecken, die mit — bezeichneten Querecken heissen. Das Gesetz der Ströme gestaltet sich hier folgendermaassen. Die vier Schnittflächen im Ganzen sind untereinander gleichartig, da sie

gleiche Winkel mit der Faser machen. Auch finden in diesen Schnittflächen keine Ströme mehr statt von den Ecken zu deren Mitte oder umgekehrt. Ferner sind Puncte dieser Schnittflächen, und solche des Längsschnittes, die gleich weit von einer Längsecke oder von einer Querecke abstehen, ebenfalls unter einander gleichartig. Dagegen findet man kräftige Ströme vor von Puncten des Quer- oder des Längsschnittes, welche einer Längsecke näher sind, durch den Bogen zu solchen, welche einer Querecke näher sind. Dies sind offenbar wieder Neigungsströme. Liegt der Bogen Längs- und Querschnitt zugleich an, so summirt sich zu jenen Strömen algebraisch ein Strom in der gewöhnlichen Richtung des Muskelstromes, jedoch schwach wegen der Neigung des Querschnittes gegen die Faser. Er kann durch die Neigungsströme, unter den geeigneten Umständen, übermannt werden. Rein erhält man ihn, wenn man den Bogen einem Puncte des Längsschnittes und einem Puncte des Querschnittes anlegt, die gleich weit von einer Quer- oder einer Längsecke liegen. Im Gegensatz zu der zuerst beschriebenen Form des Muskelrhombus können an einem Muskelrhombus zweiter Art, wie ich das gegenwärtige Präparat nenne, sowohl die Längs- als die Querecken, d. h. sowohl die positiven als die negativen Ecken des Rhombus die stumpfen, oder auch alle vier Ecken rechte sein.

Bei Wiederholung der in diesem Paragraphen dargelegten Versuche darf man, wie kaum erwähnt zu werden braucht, nicht darauf rechnen, dass man sämmtliche hier geschilderte Einzelheiten an einem und demselben Muskelrhombus in gleicher Ausprägung zu sehen bekomme. Es liegt z. B. in der Natur der Dinge, dass man die Neigungsströme an den vier Seiten eines solchen selten von gleicher Stärke erhält, u. dgl. m. Ohnehin sterben die Muskelrhomben zu schnell ab, um zu einer so ausgedehnten Versuchsreihe Zeit zu gewähren.

§. VII.

Die Neigungsströme am Muskelrhombus, welche zur Erklärung der besonderen elektromotorischen Wirkungen des Gastroknemius geeignet sind, lassen sich auch an den passend abgeänderten Muskelmodellen aus Kupfer und Zink nachweisen.

Hier könnten wir mit unseren Ermittelungen über die Neigungsströme stehen bleiben. Unsere Kenntniss derselben reicht, wie ich bald zeigen werde, bereits aus, um die besonderen, am Gastroknemius wahrgenommenen elektromotorischen Erscheinungen zu erklären. Ehe wir zu dieser Anwendung der neuen Ströme schreiten, wollen wir dieselben um ihrer selbst willen etwas weiter verfolgen.

Bekanntlich habe ich vermocht, die verschiedensten elektromotorischen Wirkungen der Muskeln und Nerven mittels schematischer Vorrichtungen aus Kupfer und Zink sehr vollständig nachzuahmen. Ich war daher begierig zu versuchen, ob mir dies jetzt auch mit den Neigungsströmen gelingen würde. Vorzüglich lag mir daran, auch an dem Modell die scheinbare Umkehr des Gegensatzes zwischen Längs- und Querschnitt, in Folge der Ueberwältigung des Stromes vom Längs- zum Querschnitt durch den Neigungstrom, zu beobachten.

Bei der Beschreibung der folgenden Versuche setze ich meine früheren, ähnlichen Versuche, und die bei deren Darstellung gebrauchten Ausdrücke [1]), als bekannt voraus.

Zuerst bediente ich mich peripolarer Molekelmodelle, oder wie ich der Kürze halber sage, Molekeln; derselben, welche in meinem Werke beschrieben sind. Die Fig. 14. Taf. XV., die, wie auch Fig. 15, 16. und 17., halbe natürliche Grösse hat, zeigt die Art, wie die Molekeln angeordnet wurden, um einen Muskelrhombus nachzuahmen. Sie stellt im Grundriss, von unten gesehen, einen Theil des rautenförmigen, 13 Mm. dicken, gefirnissten Brettchens vor, auf dessen untere Fläche die Molekeln aufgekittet waren. Die durch eine

1) Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 672 ff.; — Taf. VI. Fig. 74. 75.; — Bd. II. Abth. II. S. 93 ff. Taf. V. Fig. 143.

einfache Linie begrenzten Abschnitte des Umfanges der Molekeln bedeuten negative, die durch eine doppelte, positive Begrenzung desselben. Um jede Molekel an den richtigen Ort zu bringen, war zuerst auf die untere Fläche des Brettchens das in der Figur bemerkbare Netz eingerissen worden, welches den Hof jeder einzelnen Molekel bezeichnete. Der Molekeln waren im Ganzen 96; sie bildeten acht parallele Reihen, von denen die Figur nur vier vorstellt, zu zwölf Molekeln jede. Jede Reihe überragte immer die vorige um eine Molekel. Zwischen den Kupferpolen je zweier in einer Reihe, und zwischen den Zinkzonen je zweier in zwei Reihen einander benachbarten Molekeln blieb 1 Mm. Abstand. Der Hof einer Molekel war 12 Mm. lang, 14 Mm. breit. Die Längsschnittsseite des Rhombus mass demgemäss 156 Mm., die Querschnittsseite 147,5 Mm., und der spitze Winkel etwa 49°.

Denkt man sich durch einen Muskelrhombus zwei parallele einander äusserst nahe Ebenen so gelegt, dass sie der durch die grossen Axen der elliptischen Grundflächen gelegten Ebene parallel sind und dieselbe zwischen sich fassen; und denkt man sich die so erhaltene dünne Scheibe senkrecht auf ihre eigene Fläche verdickt, so würde nach meiner Hypothese die Anordnung der elektromotorischen Bestandtheile darin wesentlich dieselbe sein, wie in dem beschriebenen Modell. Versenken wir dies in einen feuchten Leiter von passender Gestalt, so müssen sich beim Anlegen eines Bogens an diesen Leiter die Neigungsströme im Conflict mit dem gewöhnlichen Strom zeigen, wie wir sie am Umfange der Durchschnittsfigur des Muskelrhombus mit der durch die grossen Axen seiner Querschnitte gelegten Ebene fanden.

Zur Handhabung des Modells diente ein Griff an der oberen Fläche des Brettes. Der Trog, in den das Modell versenkt wurde, war aus gefirnisstem Holz, im Lichten 340 Mm. lang, 152 Mm. breit und 40 Mm. tief. Durch hineingestellte hölzerne gefirnisste Klötze von 40 Mm. Höhe wurde ihm die der Gestalt des Modells entsprechende Rautenform gegeben, und es war die Einrichtung getroffen, dass entweder nur vor einer Längsschnitts- oder nur vor einer Querschnittsseite

oder auch vor zwei an einander stossenden, entweder einen spitzen oder einen stumpfen Winkel des Rhombus einschliessenden Seiten, eine 20 Mm. breite Rinne zur Ableitung der Ströme offen blieb. In Fig. 14. ist der von unten gesehene Grundriss des Modells in den Trog hineingezeichnet worden, und man sieht die Rinne vor zwei, eine stumpfe Ecke einschliessenden Seiten offen. Der Trog wurde so hoch mit Brunnenwasser gefüllt, dass die Molekeln ganz darin eintauchten, wenn durch das Versenken des Modells das Wasser stieg. Damit dabei das Wasser nicht durch die Luft verhindert würde, zwischen die Molekeln einzudringen, und damit es beim Herausheben leichter abflösse, war das Brett in den Lücken zwischen den Molekeln häufig durchbohrt (s. bei l, l' in der Figur).

Bei meinen früheren Versuchen an solchen Modellen hatte ich zu kämpfen mit der Schwäche der Wirkungen, welche zum Theil daher rührte, dass dabei eine doppelte Polarisation stattfand, erstens an den Molekeln selber, zweitens an den zur Ableitung benutzten Platinelektroden. In Folge dieser doppelten Polarisation war nicht daran zu denken, beständige Ablenkungen von den Modellen zu erhalten. Vielmehr war ich darauf angewiesen, stets nur den ersten Ausschlag zu beobachten, der erfolgte, wenn ich das Modell eintauchte, nachdem die durch den Multiplicator zum Kreise geschlossenen Platinelektroden ihre Stellung erhalten hatten.

Die Polarisation an den Molekeln selber liesse sich vermeiden, wenn man die bisher von mir angewendeten Modelle derselben ersetzte durch unpolarisirbare Elektroden beständiger Säulen. Ich habe noch nicht Zeit gehabt, diese Einrichtung zu treffen, und mich vor der Hand damit begnügt, die Polarisation an den Elektroden des ableitenden Bogens wegzuschaffen. Dazu wurden die Platinelektroden ersetzt durch verquickte Zinkplatten, welche in Papptröge voll gesättigter schwefelsaurer Zinklösung tauchten, und diese Tröge wurden in die längs dem Modell offene Rinne da hingestellt, von wo die Ableitung geschehen sollte, wie Fig. 14. es für den Fall des Neigungsstromes im Conflict mit dem Strom von Längs- zu Querschnitt zeigt. Die Papptröge waren mit Kolophoniumkitt ge-

klebt, flach parallelepipedisch, im Lichten 8 Mm. breit, 50 Mm. hoch, und bis zum Rande mit der Lösung gefüllt. Ihre Länge richtete sich nach der Breite der Zinkplatten. Von letzteren hatte ich zwei Paar, das eine 50, das andere 22,5 Mm. breit. Die zugehörigen Tröge maassen beziehlich 52 und 24,5 Mm. In der Figur sind die längeren Tröge und breiteren Platten dargestellt. Zur Beobachtung der Ströme diente die Spiegelbussole, von der aber nur 3000 Windungen in 10—25 Mm. Abstand vom Spiegel in Gebrauch kamen. Etwa auftauchende Ungleichartigkeiten machte der Compensator unschädlich.

In Folge des so erzielten Fortfalles der einen Polarisation erlangten zwar die Wirkungen eine ansehnlich grössere Stärke als in meinen früheren Versuchen. Doch blieben sie so unbeständig, dass ich es noch immer bei der Beobachtung des ersten Ausschlages beim Eintauchen des Modells bewenden lassen musste. Die hinterbleibenden beständigen Ablenkungen waren nicht blos sehr schwach, sondern zeigten auch oft die verkehrte Richtung.

Zwischen je zwei Versuchen wurde das Modell fünf Minuten lang zum Trocknen und Depolarisiren auf Fliesspapier gestellt. War es so eine Zeitlang gebraucht worden, so wurde seine Wirkung auch beim ersten Eintauchen so schwach und unregelmässig, dass sich nichts mehr damit anfangen liess. Das Eintreten dieses Zustandes wurde dadurch verzögert, dass das Modell in verdünnter Chlorwasserstoffsäure gebadet, oder dass eine kleine Menge dieser Säure dem Wasser im Troge zugesetzt wurde. Es wurde sichtlich dadurch ein Niederschlag von Kalksalzen gelöst, beziehlich zu entstehen verhindert, der sich beim Verdunsten des Brunnenwassers auf die Molekeln ablagerte. Auf die Dauer indess half auch dies nicht. Dann überzog sich das Kupfer in der Nähe des Zinks mit einer Oxydhaut, welche vielleicht dadurch zu Stande kommt, dass diese Puncte des Kupfers sich zu den vom Zink entfernteren stark positiv verhalten [1]). Wie dem auch sei, ist das Modell einmal in diesen

1) S. meine Versuche über „flache Erregerpaare". Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 596 ff.

Zustand gerathen, so bleibt nichts übrig als die Molekeln loszubrechen, blank zu scheuern und neu aufzukitten. Das sehr mühsame Reinigen der Molekeln wird erleichtert, indem man etwa 30 derselben auf einen Stab schiebt, sie mit einer Schraube festklemmt, und gleichzeitig putzt.

Bei alledem gelang es ohne Schwierigkeit, den vier Seiten des Modells entlang die Neigungsströme richtig zu beobachten. Ertheilte ich den breiteren Zinkplatten in ihren Papptrögen symmetrische Stellungen zur Mitte irgend einer Seite des einzutauchenden Modells, so entstand stets beim Eintauchen ein starker Ausschlag, der die der stumpfen Rhombusecke nähere Platte als positiv gegen die der spitzen Rhombusecke nähere anzeigte. Zwischen Stellen des Längs- und Querschnittes, die gleich weit von einer stumpfen oder einer spitzen Rhombusecke lagen, erfolgte stets der Strom vom Längs- zum Querschnitt. Wurden den Platten am Längs- und am Querschnitt verschiedene Abstände von den stumpfen und spitzen Rhombusecken ertheilt, so dass die Neigungsströme mit dem Strom vom Längs- zum Querschnitt in Conflict geriethen, so zeigte sich der letztere Strom bedeutend verstärkt, wenn die Längsschnittsplatte einer stumpfen, die Querschnittsplatte einer spitzen Ecke nahe war. Als dagegen das Umgekehrte stattfand, hatte ich wirklich die Genugthuung, den Neigungsstrom von der stumpfen zur spitzen Rhombusecke den Strom vom Längs- zum Querschnitt überwältigen, mit anderen Worten, ganz wie am natürlichen Muskelrhombus unter denselben Umständen, den Längsschnitt negativ gegen den Querschnitt zu sehen (vergl. die Figur).

Ich versuchte ferner, die Neigungsströme sich mit den schwachen Strömen des Längs- und des Querschnittes algebraisch summiren zu lassen. Abermals wurden beide Platten vor der einen Seite des einzutauchenden Modells aufgestellt; aber diesmal die eine vor der Mitte der Seite, die andere nahe einer der Ecken. Hier war es, wo aus leicht begreiflichen Gründen die schmalen Platten zur Anwendung kamen. Der Erfolg musste sein, dass am Längsschnitt der Strom zwischen Mitte und stumpfer Ecke in derselben oder der anderen Richtung, wie der von der Mitte zur spitzen Ecke, jedenfalls aber

schwächer ausfiel; und dass am Querschnitt der Strom zwischen Mitte und spitzer Ecke in derselben oder der anderen Richtung, wie der von der stumpfen Ecke zur Mitte, jedenfalls aber schwächer ausfiel. Der Erfolg war, dass der Strom stets die Richtung im ableitenden Bogen nach der spitzen Ecke zu hatte, d. h. dass der Neigungsstrom stets den schwachen Strom des Längs- oder Querschnittes überwog, und dawider war nichts zu erinnern. Nicht in der Ordnung erschien dagegen, dass nur an den beiden Längsschnittsseiten das Verhältniss der Stromstärken vor den beiden Hälften der Seite das oben bezeichnete war. An den beiden Querschnittsseiten gestaltete es sich mit Hartnäckigkeit umgekehrt. Diese Abweichung hat hier um so weniger zu bedeuten, als nichts beweist, dass sie sich auf die Neigungsströme, und nicht vielmehr auf die schwachen Ströme des Querschnittes bezog.

Da die Annahme nicht weiter in sich gegliederter peripolarer Molekeln in den Muskeln nicht ausreicht, die parelektronomische Schicht und die Umkehr des Gegensatzes zwischen Längsschnitt und künstlichem Querschnitt an absterbenden Muskeln [1]) zu erklären, vielmehr hierzu die peripolaren Molekeln durch peripolare Gruppen dipolarer Molekeln zu ersetzen sind, so beschloss ich, die obigen Versuche auch noch mit einem aus dipolaren Molekeln bestehenden Modell zu wiederholen. Dies ist in Fig. 15. vorgestellt. Der dipolaren Molekeln waren im Ganzen 126. Sie bildeten neun parallele Reihen, von denen die Figur nur fünf vorstellt. Jede Reihe bestand aus sieben peripolaren Gruppen, jede Gruppe aus zwei Molekeln. Jede Reihe überragte immer die vorige um eine Molekel, so dass die Molekeln einer senkrecht auf die neun Längsreihen verfolgten Querreihe, wie *ab* in der Figur, ihr Zink abwechselnd nach der einen und nach der anderen Richtung kehrten. In jeder Gruppe waren die Zinkpole der sie bildenden Molekeln einander so nahe wie möglich, ohne jedoch einander zu berühren; zwischen den Kupferpolen, die sich je zwei Gruppen derselben Reihe zukehrten, und zwischen den

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth I. S. 555 ff.

einander benachbarten Molekeln zweier Reihen blieb 1 Mm. Abstand. Der Hof einer peripolaren Gruppe war 25 Mm. lang, 13,5 Mm. breit. Die Längsschnittsseite des Rhombus mass demgemäss 187,5 Mm., die Querschnittsseite 165,6, und der spitze Winkel etwa 47°. Ein Satz von Klötzen diente, um vor einer, beziehlich zwei an einander stossenden Seiten auch dieses Modells in dem oben beschriebenen Troge 20 Mm. breite Rinnen herzustellen; und so gilt ferner Alles vom peripolaren Modell Gesagte für das dipolare.

Nicht minder ist dies im Wesentlichen der Fall, was das Ergebniss der Versuche betrifft. Es wurden vollkommen sicher und regelmässig beobachtet die Neigungsströme zwischen symmetrischen Puncten des Längs- und des Querschnittes, an allen vier Seiten des Modells; und dieselben sich algebraisch summirend zum Strom von Längs- zum Querschnitt, bald ihn verstärkend, bald ihn schwächend, ja überwiegend, so dass der Querschnitt sich positiv gegen den Längsschnitt verhielt. Unrein war dagegen auch hier das Ergebniss in Bezug auf die Ströme zwischen asymmetrischen Puncten des Längs- und des Querschnittes. Diese hatten durchgängig die Richtung der Neigungsströme. Aber nur an der einen Längsschnitts- und der einen Querschnittsseite ergab sich das Verhältniss der Stromstärken vor den beiden Hälften der Seiten wie es sein sollte. An den beiden anderen Seiten war es verkehrt.

Inzwischen ist hier so wenig, wie am Modell mit den peripolaren Molekeln, deshalb der Versuch als fehlgeschlagen anzusehen, die Neigungsströme mittels der schematischen Vorrichtungen nachzuahmen. Es kann vielmehr schon jetzt keine Frage sein, dass die Molecularhypothese sich auch dieser Erscheinung gewachsen gezeigt hat.

Jetzt wünschte ich noch zu erfahren, wie eine andere Hypothese, die man in Betreff der Anordnung der elektromotorischen Bestandtheile im Muskel machen kann, auf diesem Prüfstein bestehen würde: die nämlich, wonach das Muskelbündel, oder auch die Muskelfibrille, vergleichbar wäre einem kupfernen, am Mantel verzinkten, mit einer Schicht feuchten Leiters bekleideten Cylinder. Es giebt zwar bereits mehrere

Gründe, aus welchen diese Hypothese zu verwerfen ist. Allein man kann in diesem Gebiete gar nicht genug Beweise häufen, und so versuchte ich denn, ob ich mit einem Modell, welches diesen elektromotorischen Bau des Muskels voraussetzt, die Neigungsströme richtig erhalten würde.

Fig. 16. stellt einen Theil des neuen Modelles vor. Das rautenförmige Brett hatte genau einerlei Gestalt und Grösse mit dem, welches die peripolaren Molekeln trug. An die Stelle der acht Längsreihen von Molekeln traten hier ebenso viele 144 Mm. lange, 13 Mm. breite, gleich den Molekeln 12,5 Mm. hohe Rechtecke, deren lange Seiten aus Zink, ihre kurzen Seiten aus Kupfer bestanden. In der Figur, welche vier davon, nebst der Art ihrer Befestigung zeigt, ist diesmal das Zink einfach, das Kupfer doppelt contourirt. Zwischen ihren langen Seiten liessen die Rechtecke 1 Mm. Zwischenraum, und jedes Rechteck überragte das vorige stets um 12 Mm. Denkt man sich den Muskelrhombus auf eine einfache Schicht von Muskelbündeln oder -fibrillen zurückgeführt, deren Axen sämmtlich einander parallel in einer Ebene liegen; denkt man sich jederseits von dieser Ebene, ihr parallel und äusserst nahe, eine Ebene durch jene Schicht gelegt; denkt man sich endlich die durch die beiden seitlichen Ebenen begrenzte dünne Scheibe senkrecht auf ihre eigene Fläche verdickt, so würde nach der jetzt zu prüfenden Hypothese die Anordnung der elektromotorischen Bestandtheile darin wesentlich dieselbe sein, wie in dem Modell mit den Rechtecken. Wie man sieht, ist dabei die Annahme gemacht, auf die wir noch zurückkommen werden, dass am schrägen Querschnitt die einzelnen Bündel oder Fibrillen senkrecht durchschnitten seien; da, wenn man sie sich schräg durchschnitten vorstellt, so dass die einzelnen Querschnitte in Einer Flucht liegen, gar nicht zu verstehen ist, wie die elektromotorische Wirkung eine andere sein könnte, als bei senkrechtem Querschnitt.

Das Modell mit den Rechtecken wurde ebenso und mit denselben Hülfsmitteln untersucht, wie die anderen Modelle. Obschon ich aber diese Untersuchung dreimal von Frischem angestellt habe, ist es mir nicht gelungen, mich von dem Dasein

der Neigungsströme an jenem Modell zu überzeugen. Bei symmetrischer Stellung der Platten vor dessen Seiten erfolgten bald stärkere, bald schwächere Ausschläge bald im einen, bald im anderen Sinne. Befanden sich beide Platten vor dem Längsschnitt, und wurde die eine, wie die Figur zeigt, möglichst in die spitze Ecke gerückt, so erschien zwar diese Platte regelmässig negativ gegen die andere, so dass der Anschein eines Neigungsstromes entstand. Dies rührte aber blos daher, dass alsdann die negative Platte näher dem Querschnitt war; die Stellung hatte in Wahrheit aufgehört, eine symmetrische zu sein. Somit scheint das Ziel erreicht, welches wir uns bei diesem Versuche vorsetzten. Es scheint erwiesen, dass die Hypothese, welche im Bündel oder der Fibrille einen negativen Cylinder mit positiver Hülle sieht, unfähig ist, die Neigungsströme, gleichviel wie sie zu Stande kommen, mit zu umfassen. Inzwischen ist fraglich, ob nicht, wegen des grossen Unterschiedes zwischen den Leitungsverhältnissen an den Modellen und denen am Muskel, an den Modellen ein Unterschied in der Wirkung einem solchen in der Anordnung der elektromotorischen Bestandtheile entspreche, wo dies am Muskel nicht stattfinden würde.

Schliesslich habe ich auch noch mittels der peripolaren Molekeln den oben S. 570. 571 beschriebenen Muskelrhombus zweiter Art nachgebildet. Die Vorrichtung, die dazu diente, zeigt Fig. 17. Längs der kleineren Diagonale QQ, eines Brettchens in Form eines verschobenen Quadrates wurden 13 Molekeln so aufgekittet, dass der ihre Kupferpole verknüpfende kleinere Durchmesser in jener Diagonale lag. Die beiden äussersten Molekeln bildeten die beiden stumpfen Querschnittsecken des Rhombus (vergl. oben ebend.). Jederseits von dieser Reihe, nach den Längsschnittsecken zu, deren eine man bei L in der Figur sieht, folgte eine von 11, dann eine von 9 Molekeln, und so fort; bis zuletzt die siebente Reihe nur noch aus einer Molekel bestand, welche die spitze Längsschnittsecke des Rhombus abgab. Die Höfe der Molekeln waren wie früher 12 Mm. lang, 14 Mm. breit. Daraus ergeben sich die grössere Diagonale des Brettchens zu 196, die kleinere zu 168,

jede der Seiten zu 129 Mm., und der stumpfe Winkel zu etwa 98°. Ein Satz von Klötzen diente dazu, auch für dies Modell den Trog passend zu verengen.

Der Erfolg war, wie nach dem Vorigen vorauszusehen, ganz entsprechend dem an den natürlichen Muskelrhomben zweiter Art. Von der einer Längsschnittsecke näheren Ableitungsplatte ging der Strom durch den Bogen zu der einer Querschnittsecke näheren, gleichviel ob sich beide Platten vor der nämlichen oder vor zwei beliebigen Seiten des Rhombus befanden. Die Platten verhielten sich dagegen beziehungsweise gleichartig, wenn sie vor zwei beliebigen Seiten des Rhombus in gleicher Entfernung von den positiven oder negativen Ecken verweilten.

§. VIII.

Die Neigungsströme werden theoretisch hergeleitet aus dem Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt.

Hier wäre der Ort, die theoretische Ableitung der Neigungsströme zu versuchen. Ehe wir uns an diese Aufgabe wagen, ist es nothwendig, über die Theorie des Muskel- und Nervenstromes im Allgemeinen Einiges voraufzuschicken.

Nachdem ich in meinem Werke die schwachen Ströme des Längs- und des Querschnittes auch an den aus Molekeln zusammengefügten Modellen nachgewiesen zu haben glaubte, unternahm ich es mit unzulänglichen Mitteln, diese Ströme zu erklären unter der Voraussetzung, ich hätte es in den Muskeln und Nerven und in den Modellen zu thun mit peripolaren Molekeln oder Molekelgruppen von gleicher und beständiger Kraft. Diese sollten, in Längsreihen und Querschichten angeordnet, den Raum gleichmässig erfüllen, so dass auf jede Molekel oder Gruppe ein aliquoter Theil des Raumes, der Hof, käme, innerhalb dessen sie eine identische Lage einnähme. Dabei beging ich einen doppelten Fehler.

Ich sah nämlich zwar richtig ein, dass bei dieser Annahme ohne angelegten Bogen kein Strom durch die Masse des Elektromotors kreise, vielmehr der Strömungsvorgang jeder Molekel auf deren Hof beschränkt bleibe. Ferner war mir klar, dass

beim Anlegen eines Bogens an Längs- und Querschnitt, durch den Bogen und durch die Masse des Elektromotors ein Strom entstehe, dessen Verlauf in letzterer ich übrigens nicht anzugeben wusste. Die Entstehung eines Stromes beim Anlegen des Bogens nur an Längs- oder Querschnitt erschien mir als eines der schwierigsten Räthsel. Ich betrachtete dieselbe aber als ausgemacht, weil ich, und dies war der eine meiner Irrthümer, mich auf den Erfolg an den Modellen verliess, ohne zu bedenken, dass daran wegen der Polarisation die Voraussetzung der gleichen und beständigen Kraft der Molekeln nicht erfüllt sei. Demgemäss suchte ich die schwachen Ströme, trotz allen Dunkelheiten, auf die ich dabei stiess, von diesem Standpunct aus zu erklären; und der zweite Irrthum, in den ich verfiel, war, dass ich mich überredete, diese Erklärung sei mir gelungen [1]).

Fünf Jahre später wendete Hr. Helmholtz, welcher Zeuge und Theilnehmer meiner Bemühungen gewesen war, seine Aufmerksamkeit nachhaltig diesem Gegenstande zu, und bewältigte, mit der von ihm auf so vielen Puncten siegreich erprobten zergliedernden Kraft, dessen transscendente Schwierigkeit. Auf Grund seines Satzes von der elektromotorischen Oberfläche zeigte er, dass unter jener Voraussetzung die schwachen Ströme des Längs- und des Querschnittes in der That unerklärt bleiben. In dem nur dem Längs- oder nur dem Querschnitt angelegten Bogen entsteht kein Strom, weil die Enden des Bogens Stellen von gleicher mittlerer Spannung berühren. Ebenso erklärt sich nicht, unter derselben Voraussetzung, die grössere elektromotorische Kraft längerer oder dickerer Muskeln oder Nerven [2]); und nicht minder unerklärt, lässt sich hinzufügen, bleibt dabei das von mir so genannte Gesetz der Spannweiten, vielmehr würde der Spannungsunterschied zwischen Längs- und Querschnitt unabhängig sein von der Lage der abgeleiteten Puncte, und diese den Strom nur insofern beeinflussen, als der Widerstand des Muskels oder Nerven zwischen den verschiedenen Puncten verschieden ist.

---

1) Untersuchungen u. w. w. Bd. I. S. 640 ff.

2) Poggendorff's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 211. 352

Wie die Sachen stehen, handelt es sich zunächst darum, dies Ergebniss einer zweifellos richtigen Theorie in Einklang zu bringen mit dem der nicht minder zweifellos richtigen Beobachtung an den Muskeln und Nerven. Dazu bietet sich folgender Weg. Ich habe bereits in meinem Werke gezeigt, dass, für den Fall einer den Muskel, der aus gleich kräftigen und beständig wirkenden Molekeln bestehend gedacht wird, bekleidenden unwirksamen Schicht, jede Schwierigkeit für die Erklärung der schwachen Ströme des Längs- und des Querschnittes fortfällt. Alsdann fliesst durch diese Schicht ein Strom vom Längs- zum Querschnitt, ähnlich dem in der Schicht feuchten Leiters, welche einen kupfernen, am Mantel verzinkten Cylinder überzieht[1]). Von diesem Strom wird sich durch einen zwei Puncten der unwirksamen Schicht angelegten Bogen ein Zweig ergiessen. Zeichen und Grösse des diesen Stromzweig erzeugenden Spannungsunterschiedes zu bestimmen, gelingt jetzt in dem Maasse, wie man die elektromotorische Oberfläche der unwirksamen Schicht zu construiren vermag. Im Allgemeinen lässt sich deren Beschaffenheit wohl angeben.

Die unwirksame Schicht hat, entsprechend dem damit, wie wir annehmen wollen, überall gleich dick überzogenen wirksamen Inneren, die Gestalt eines Cylinders. Kreise, die man sich am Mantel des Cylinders dem Aequator parallel von diesem bis zur Grundfläche, dann auf der Grundfläche, deren Umfang concentrisch, gezogen denkt, werden isoëlektrische Curven sein, deren Spannung in der genannten Richtung nach einem verwickelten Gesetz sich abstuft. Da das Strombett sich vom Aequator und den Polen nach der Grenze zwischen Längs- und Querschnitt hin verengt, so werden hier die isoëlektrischen Curven gleichen Unterschiedes dichter gedrängt sein, als dort. Daraus ergeben sich die Ströme des Längs- und des Querschnittes, deren Anschwellen nach jener Grenze hin, und das Gesetz der Spannweiten. Dass von zwei Muskeln oder Nerven, die sich nur durch die Länge, oder nur durch den Querschnitt ihres wirksamen Inneren unterscheiden, bei gleicher

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 649 ff. 674.

relativer Spannweite des Bogens beziehlich der längere und der dickere überwiegen müsse, lässt sich gleichfalls jetzt einsichtlich machen, wenn auch ohne die kaum ausführbare Rechnung nicht streng beweisen.

Denkt man sich die unwirksame Schicht immer mächtiger, oder immer besser leitend, so kommt ein Punct, wo in allen Lagen des Bogens die Ströme aufhören merklich zu sein. Da sie bei verschwindender Schicht am Längs- und am Querschnitt, bei nicht leitender Schicht wiederum in allen Lagen des Bogens, gleichfalls unmerklich werden, so giebt es einen Grad der Mächtigkeit und der Leitungsgüte der Schicht, der für das Hervortreten der schwachen Ströme, und der daran sich knüpfenden Umstände, am günstigsten ist.

Es fragt sich nun, ob man ein Recht habe, am Umfang des Muskels und Nerven eine solche unwirksame Schicht anzunehmen. Am natürlichen Längsschnitt der Muskeln liesse sich als solche das Perimysium, an dem der Nerven das Perineurium auffassen. Am natürlichen Querschnitt könnte der sehnige Ueberzug deren Rolle spielen. Am künstlichen Querschnitt ist die grösste Wahrscheinlichkeit vorhanden dafür, dass die dem Schnitte nächste Schicht sehr rasch unwirksam werde. Am künstlichen Längsschnitt müsste man sich auf das Sarkolemm und das Neurilemm [1]) berufen, wobei freilich nur die Ströme am Längsschnitt, nicht zugleich die am Querschnitt verständlich würden. Es ist aber noch eine andere Möglichkeit zu berücksichtigen, welche Hr. Helmholtz angedeutet hat.

Es ist nämlich nicht nöthig, damit an der Oberfläche des thierischen Elektromotors ein solcher Strom stattfinde, dass eine völlig unwirksame Schicht vorhanden sei. Es reicht dazu aus, dass sowohl am Längs- wie am Querschnitt die oberflächliche Schicht eine geringere elektromotorische Kraft besitze als das damit bekleidete Innere. Denkt man sich die Kraft der inneren Molekeln in zwei Theile zerlegt, deren einer gleich

1) Hr. Charles Morgan hat neuerdings auch an dem künstlichen Längsschnitt der Nerven die schwachen Ströme nachgewiesen. S. oben in diesem Bande des Archivs, S. 341.

ist der der äusseren Molekeln, so hat dieser Theil mit der Erzeugung der schwachen Ströme nichts zu schaffen. Der andere Theil, d. h. der Ueberschuss der Kraft der inneren über die der äusseren Molekeln, sendet durch die äussere schwächere Schicht einen Strom vom Längs- zum Querschnitt, gleich dem, der in einer völlig unwirksamen, ein wirksames Innere umhüllenden Schicht stattfindet. Man kann sich auch mit wesentlich gleichem Erfolge denken, dass die Kraft der Molekeln von der Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe stetig abnimmt. Dazu theilt man die Schicht, in der die Kraft mit der Tiefe wächst, in hinlänglich viele gleichsam concentrische Schalen, in denen die Kraft als beständig angesehen werden kann. Die n äussersten Schalen werden alsdann von Strömen durchflossen, welche von dem Kraftüberschuss der $(n+1)$sten Schale über die $n$te stammen. Aus der Deckung aller dieser Ströme entspringt ein Strömungsvorgang, der an der Oberfläche des Muskels sich nicht viel anders gestalten kann, als im ersten Falle.

Es ist nun zwar nicht anzunehmen, dass die oberflächlichen Theile der thierischen Gebilde schon im Leben mit geringerer Kraft wirken als die tieferen. Höchstens könnte man die parelektronomische Schicht am natürlichen Querschnitt in diesem Sinne verwerthen. Allein schon Hr. Helmholtz hat gefragt, ob die oberflächlichen Theile, welche der Eintrocknung, der Berührung der Luft und fremdartiger Flüssigkeiten ausgesetzt sind, ihre elektromotorischen Kräfte wohl ungeschwächt erhalten. Was den künstlichen Querschnitt betrifft, so ist kein Zweifel, dass von ihm aus die Muskelbündel und Nervenröhren absterben. Auch der künstliche Längsschnitt stellt eine solche Verletzung des Muskels oder Nerven dar, dass eine verminderte Leistungsfähigkeit der zunächst daran grenzenden Theile wohl möglich ist. Hinsichtlich der natürlichen Begrenzungen der thierischen Gebilde wird man nicht gern an eine schädliche Einwirkung des Sauerstoffs der Luft glauben, da Muskeln in Wasserstoff und Stickstoff rascher als in Luft, in dieser rascher als in Sauerstoff sterben[1]). Dagegen

1) G. v. Liebig, in diesem Archiv, 1850, S. 393.

lässt sich behaupten, dass es keine Art giebt, die thierischen Gebilde auf ihre Ströme zu prüfen, wobei nicht ihre oberflächlichen Schichten einer Aenderung ihres Wassergehaltes ausgesetzt sind.

Auf alle Fälle fehlt es, wie man sieht, nicht an Gründen für das Zustandekommen des Stromes vom Längs- zum Querschnitt an der Oberfläche der thierischen Elektromotore, dessen man zur Erklärung der fraglichen Erscheinungen bedarf. Hierzu noch den anderen Umstand zu Hülfe zu rufen, durch den die Muskeln und Nerven von der Voraussetzung der gleichen und beständigen Kraft ihrer Molekeln abweichen, nämlich ihre seitdem von mir erkannte innere Polarisirbarkeit[1]), erscheint um so weniger geboten, als es keine Vermuthung darüber giebt, wie die schwachen Ströme durch die Polarisation entstehen könnten.

Man würde übrigens irren, wollte man, weil diese Ströme jetzt gleichsam auf ein Leichenphänomen zurückgeführt sind, denselben alle Bedeutung absprechen. Ein Punct fährt fort, ihnen ein hohes Interesse zu sichern. Das blosse Dasein der schwachen Ströme nämlich widerlegt, schlagender als jeder Versuch, den Verdacht, als entspringe der Strom vom Längs- zum Querschnitt der Berührung der Multiplicatorenden mit dem Muskel oder Nerven. Die Thatsache, dass diese Ströme an einem unverletzten Muskel, wie dem Gastroknemius, nachweisbar sind, dessen Bündel noch sämmtlich tagelang leistungsfähig bleiben und neutral reagiren, lässt keinen anderen Ursprung des Muskelstromes zu, als aus im Muskel vorherbestehenden elektromotorischen Unterschieden.

Bei dem Versuch, diese Einsichten auf die rhombisch zugeschnittenen Muskeln anzuwenden, bietet sich zunächst die Frage dar nach der Ursache der geringeren Negativität schräger Querschnitte. Diese geringere Negativität scheint von nichts herrühren zu können, als von einer Einmischung des

1) S. die Monatsberichte der Berliner Akademie, 1856, S. 457; — Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen u. s. w. A. a. O. S. 93 Anm. 1.

beziehungsweise positiven Längsschnittes in den Querschnitt, welche Einmischung auf doppelte Art möglich ist.

Entweder die Querschnitte der einzelnen Bündel, die Einzelquerschnitte, überragen einander stufenförmig. Alsdann brauchen die Einzelquerschnitte selber nicht positiver zu sein. So könnten z. B. unter dieser Annahme die Bündel negativen, am Umfang positiven Prismen gleichen, wobei die elektrische Beschaffenheit ihres Querschnittes unabhängig von dessen Neigung wäre, und die einzelnen Bündel deshalb auch nicht einmal schräg durchschnitten zu sein brauchten.

Oder die Einzelquerschnitte sind schräg, und liegen sämmtlich in Einer Flucht, der des Gesammtquerschnittes. Alsdann können die Bündel nicht mehr als negative Prismen mit positivem Umfang gedacht werden (vergl. oben S. 579), sondern man muss jetzt annehmen, dass in den schrägen Einzelquerschnitten die Längsreihen der elektromotorischen Molekeln einander überragen, und dass demgemäss die Einzelquerschnitte selber minder negativ sind.

Die uns beschäftigende Frage erhält so ein unerwartetes Gewicht, da sie in Betreff der im Muskelbündel stattfindenden Anordnung der ungleichartigen Bestandtheile eine neue Entscheidung in Aussicht stellt. Leider findet sich dieser Weg bald versperrt.

Die mikroskopische Untersuchung der schrägen Querschnitte lehrt zwar, dass die einzelnen Bündel wirklich schräg durchschnitten sind. Allein erstens stirbt ein Stück des Bündels zunächst dem Querschnitt sogleich ab (vergl. oben S. 584), und man kann nur vermuthen, nicht beweisen, dass die Demarcationsfläche dem schrägen Querschnitt parallel läuft. Zweitens zeigt es sich, dass die schrägen Einzelquerschnitte einander vielfach stufenförmig überragen. Dies ist für sich genug, um die geringere Negativität des Gesammtquerschnittes zu erklären, und damit geht die Hoffnung verloren, auch auf diese Art die Unmöglichkeit darzuthun, dass das Bündel ein negatives Prisma mit positivem Umfang sei.

Andererseits ist nicht zu übersehen, dass die geringere Negativität des Gesammtquerschnittes einen doppelten Grund ha-

ben kann, d. h. dass neben dem stufenförmigen Ueberragen der Einzelquerschnitte über einander vielleicht auch noch die Einzelquerschnitte selber minder negativ sind; ja dies lässt sich sogar folgendermaassen wahrscheinlich machen.

Bekanntlich zeigen auch die schrägen natürlichen Querschnitte, wie der Achillesspiegel, im Vergleich zu senkrechten künstlichen Querschnitten eine sehr geringe Negativität. Hier liegen, wie ich zeigte, die schrägen Einzelquerschnitte in Einer Flucht[1]). Die Bündel sind durch die sehnige Ausbreitung schräg abgeschnitten, wie sie in den Seitenrumpfmuskeln der Fische durch die Lg. intermuscularia schräg durchschnitten sind. Gäbe es keine parelektronomische Schicht, so würde man ohne Weiteres schliessen dürfen, dass an den schrägen natürlichen Einzelquerschnitten Längsreihen von Molekeln einander überragen, von wo aus es nah läge, auch den schrägen künstlichen Einzelquerschnitten den gleichen Bau und dem entsprechend geringere Negativität zuzuschreiben.

Die parelektronomische Schicht indess verhindert diese Schlussfolge. Es giebt keinen Versuch, der unmittelbar bewiese, dass, abgesehen von jener Schicht, der schräge natürliche Querschnitt minder negativ ist als ein senkrechter künstlicher. Entfernt man die Schicht mechanisch, so hat man schrägen künstlichen Querschnitt mit einander stufenförmig überragenden Bündeln; zerstört man sie chemisch oder kaustisch, so führt man Bedingungen ein, welche jeden Vergleich ausschliessen.

Wohl aber giebt es einen Versuch, welcher mittelbar das leistet, dessen wir hier bedürfen. Leitet man den Strom des Gastroknemius in der oben S. 553 besprochenen Art von Haupt- und Achillessehne ab (9. in Fig. 2.), und betupft man den Achillesspiegel mit einer gut leitenden Flüssigkeit, so erhält man, ehe dieselbe entwickelnd wirkt und dadurch einen positiven Ausschlag erzeugt, einen negativen Ausschlag, der von nichts herrühren kann, als davon, dass die gut leitende Flüs-

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 58. 110. Taf. V. Fig. 144.

sigkeit eine schwächende Nebenschliessung bildet zwischen dem am schrägen natürlichen Querschnitt zu Tage tretenden positiven Element und dem negativen des Querschnittes selber[1]). Dieser Versuch gelingt auch am schrägen künstlichen Querschnitt, wenn von einem wie in Fig. 12. schräg durchschnittenen Muskel z. B. der obere Abschnitt einerseits mit der spitzen Rhombusecke l_2, andererseits mit einem Längsschnittspuncte oberhalb der stumpfen Rhombusecke l_1 aufliegt. Man erhält einen starken aufsteigenden Strom, von dem unten klar werden wird, dass er mit dem Strom zwischen Haupt- und Achillessehne gleichen Ursprunges ist. Beim Betupfen des Querschnittes mit Höllensteinlösung habe ich auch hier öfter einen negativen Ausschlag erfolgen sehen[2]), wodurch die Deutung des entsprechenden Ausschlages beim Betupfen des Achillesspiegels bestätigt wird. Ist nun bewiesen, dass an den schrägen natürlichen Einzelquerschnitten die Längsreihen der Molekeln einander überragen, und dass folglich diese Querschnitte an sich, und abgesehen von der parelektronomischen Schicht, minder negativ sind, so hat es gewiss nichts gegen sich, wenn wir diese Schlüsse auch auf die schrägen künstlichen Einzelquerschnitte übertragen; und wir werden im Folgenden von dieser Voraussetzung ausgehen.

Was die Neigungsströme betrifft, so gehören sie offenbar derselben Kategorie an, wie die schwachen Ströme des Längs- und des Querschnittes, zwar nicht der Stärke nach, da sie gelegentlich den Strom vom Längs- zum Querschnitt überwiegen, aber insofern als sie in einem Bogen kreisen, dessen Enden beide den Längsschnitt, oder beide den Querschnitt berühren. Sie setzen demnach zu ihrem Entstehen im Bogen, gleich jenen Strömen, einen bereits durch die Masse des Muskels kreisenden Strom voraus, von dem sie abgeleitet werden. Dieser Strom wiederum, sollte man meinen, bedinge auch hier eine ganz oder beziehungsweise unwirksame Schicht, welche als ein zwei ungleichartigen Bezirken des Muskels angelegter Bogen

1) Untersuchungen u. s. w. a. a. O. S. 57.
2) Untersuchungen u. s. w. a. a. O. S. 78.

zu betrachten wäre. Bei näherer Ueberlegung ergiebt sich jedoch diesmal ein anderer Ausweg.

Zwischen dem durch zwei senkrechte Querschnitte begrenzten Muskel und dem Muskelrhombus findet, in Bezug auf ihre Zusammensetzung aus elektromotorischen Molekeln, ein scheinbar geringfügiger, aber wichtiger Unterschied statt. Das senkrechte Muskelprisma kann man in Molekeln mit ihren Höfen zerlegen, welche mit Puncten gleicher Spannung aneinanderstossen, oder durch Strömungsflächen von einander getrennt sind, so dass darin, mögen sie getrennt oder verbunden sein, der Strömungsvorgang der nämliche, und auch im letzteren Falle auf die einzelnen Höfe beschränkt bleibt. Am Muskelrhombus würde dies auch gelten, wäre dessen Querschnitt treppenförmig, wie die Umrisse der Höfe in Fig. 18. es vorstellen, wo in gewohnter Art[1]) die hellen Pole positiv, die dunklen negativ sind, und der schraffirte Hintergrund den feuchten Leiter zu den metallisch gedachten Molekeln bedeutet. Eine solche Treppengestalt des Querschnittes ist jedoch undenkbar, weil eine Schicht daselbst sogleich abstirbt; während ein Abgeschrägtsein in der Art, wie die Figur es zeigt, genügt, um im Allgemeinen zu bewirken, dass der Strömungsvorgang jeder Molekel nicht mehr auf ihren Hof beschränkt bleibe, sondern in die Nachbarhöfe übergreife. Mittels der Betrachtung der Spannungen gelingt es nicht gut, den Vorgang weiter zu bestimmen; mittels des Grundsatzes der Deckung der Ströme[2]) dagegen scheint Folgendes einzuleuchten.

Verfolgt man in Fig. 18., den schrägen Querschnitten parallel, die mit 1, 2, ... bezeichneten Reihen dipolarer Molekeln, so erkennt man, dass jede solche Reihe aufgefasst werden kann als begriffen in säulenartiger Anordnung, d. h. dass die mittlere absolute Spannung einer jeden Molekel der Reihe durch die vorige stets im gleichen Sinne verändert wird, mithin der Spannungsunterschied des positiven Pols der ersten und des

1) Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. I. Taf. VI. Fig. 72; — Bd. II. Abth. I. Taf. III. Fig. 107.

2) Helmholtz in Poggendorff's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 212.

negativen der letzten Molekel um eine gewisse Grösse erhöht ist[1]). Allerdings machen die elektromotorischen Axen mit der Axe der Säule den spitzen Winkel des Rhombus. Dies verhindert aber nicht, dass die Reihe einen Strom durch sich selber sende in der Richtung, der die positiven Pole der Molekeln mehr zugekehrt sind, als der anderen, welchem Strom in der umgebenden leitenden Masse ein Strom im anderen Sinne entsprechen muss. Es ist dieselbe Bemerkung, wodurch ich (vermuthungsweise) den Stromzuwachs beim extrapolaren Elektrotonus erklärte[2]).

Während aber im elektrotonisirten Nerven alle Molekelreihen in gleichem Sinne polarisirt sind, haben wir es hier mit der Resultante aus den Wirkungen abwechselnd gerichteter Reihen zu thun. Denn die dem schrägen Querschnitt Q, nächste Reihe 1. Fig. 18. sendet zwar ihren Strom durch sich selbst in der Richtung von der spitzen zur stumpfen Ecke, durch die umgebende Flüssigkeit und einen dem Querschnitt angelegten Bogen also umgekehrt, d. h. so, wie wir dessen zur Erklärung des Neigungsstromes bedürfen; und gleich dieser Reihe wirken

1) Vergl. Fick, die medicinische Physik. Braunschw. 1856. S. 400.

2) Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 325. 326. — Ich dachte mir, dass in den extrapolaren Strecken die dipolaren Molekeln die säulenartige Anordnung mitmachten, der die Molekeln in der intrapolaren Strecke nach der Grotthuss'schen Theorie unterlägen. Dadurch entstehe in den Molekelreihen selber ein Strom in der Richtung des erregenden Stromes, dem an der Oberfläche des Nerven ein Strom im anderen Sinne entspreche. Um aber zu erklären, dass diese Ströme mit wachsender Entfernung von den Elektroden abnehmen, fügte ich hinzu, dass die säulenartige Anordnung der Molekeln, je weiter von den Elektroden, um so unvollkommener werde, d. h. dass die in Bezug auf die Richtung des Stromes verkehrt liegenden dipolaren Molekeln, anstatt mit ihren elektromotorischen Axen einen Halbkreis zu beschreiben, nur eine mittlere Lage annehmen zwischen der, die ihnen vermöge der Richtkraft des Stromes, und der, die ihnen vermöge der unbekannten Kräfte im Nerven selber zukomme; und so leitete ich auch hier eine Abstufung der Spannungen an der Oberfläche von darunter gelegenen dipolaren Molekeln ab, deren positive Pole sich zwar im Allgemeinen den Puncten höherer Spannung zuwenden, deren Axen jedoch mehr oder minder von der Richtung abweichen, in der die Spannungen abgestuft sind.

die 3., 5., ..., kurz alle ungeraden Reihen. Die 2., 4., ..., kurz alle geraden Reihen wirken dagegen im anderen Sinne; und da wir natürlich auch hier daran festhalten, dass kein künstliches Trennungsmittel zwischen die dipolaren Molekeln einer peripolaren Gruppe dringt, so wird der Querschnitt $Q_{,,}$ durch eine gerade Molekelreihe gebildet, welche gleichfalls durch einen diesem Querschnitt angelegten Bogen einen Strom in der Richtung schickt, wie wir dessen zur Erklärung des Neigungsstromes bedürfen. Es fragt sich aber, was die Resultante aus den Wirkungen aller übrigen Molekelreihen sei.

Berücksichtigt man allein den Querschnitt, so genügt, um dies zu finden, eine Betrachtung, ähnlich der, durch welche man die Wirkung eines Magnetstabes herleitet, den man sich aus Theilchen bestehend denkt, in deren jedem die nördliche und südliche Flüssigkeit in gleichem Sinne nach der Axe des Stabes geschieden sind. Von dem Querschnitt $Q_,$ ausgehend, dem ein Bogen angelegt sein soll, fasst man die beiden ersten säulenartigen Reihen dipolarer Molekeln in's Auge, deren Molekeln zu je zweien immer eine peripolare Gruppe ausmachen. Die dem Querschnitt nähere Reihe liefert, wie schon bemerkt, einen Strom in der Richtung, wie wir seiner bedürfen. Die vom Querschnitt um eine sehr kleine Grösse entferntere Reihe liefert einen Strom im anderen Sinne, der den ersten bis auf eine sehr kleine Grösse aufhebt. Die ebenso übrigbleibende Wirkung der zweiten Doppelreihe fällt, wegen ihres grösseren Abstandes, noch kleiner aus, die der dritten abermals, u. s. f. bis zum Querschnitt $Q_{,,}$. Die Wirkung im Bogen setzt sich also zusammen aus einer abnehmenden Reihe sehr kleiner Glieder. Da aber die Zahl dieser Glieder sehr gross ist, so entsteht durch deren Summation zuletzt doch ein kräftiger Strom.

Die Neigungsströme am Querschnitt erklären sich so ohne Weiteres. Um auch die zwischen Längsschnittspuncten abzuleiten, bedarf es noch einiger Vorbereitungen. Zunächst vervollständigen wir die Construction der elektromotorischen Oberfläche des Muskelrhombus, d. h. wir vergegenwärtigen uns die Vertheilung der Spannungen an seiner Mantelfläche, welche den beobachteten Erfolg nach sich ziehen würde. Der Längsschnittsseite

entlang haben wir diese Vertheilung bereits oben S. 565 annähernd dahin bestimmt, dass daselbst, wie den grossen Axen der Querschnitte entlang, eine Abstufung der Spannungen von der stumpfen nach der spitzen Ecke stattfinde. Jetzt wickeln wir in Gedanken die krumme Mantelfläche von der einen zur anderen Längsschnittsseite ab, und tragen auf jeden Punct des so erhaltenen (geometrischen) Rhombus die zugehörigen Spannungen oberhalb als positive, unterhalb als negative Ordinaten auf. An den beiden stumpfen Ecken kommen die höchsten positiven, an den beiden spitzen die höchsten negativen Ordinaten zu stehen. Jeden dieser Eckgipfel umgiebt ein System elektrischer Niveaulinien, die sich von der einen der beiden die Ecke bildenden Rhombusseiten zur anderen erstrecken. An den Längsschnittsseiten gehen die Niveaulinien der beiden Hälften der Mantelfläche stetig in einander über; über den Querschnitt fort stehen sie in Verbindung durch dessen Niveaulinien. Die beiden von den positiven Eckgipfeln nach unten, und die beiden von den negativen Eckgipfeln nach oben sich abstufenden Systeme begegnen einander und verschmelzen in zwei Linien, die sich im Puncte μ (Fig. 11.) schneiden, und nicht sehr vom Aequator und der Linie $r\varrho$ abweichen werden. Die elektromotorische Fläche hat somit die den Physiologen von gewissen Gelenken her bekannte sattelförmige Doppelkrümmung [1]). Eine ähnliche Fläche erhielte man, wenn man den (geometrischen) Rhombus auf ein einschaliges Rotationshyperboloïd so projicirte, dass die längere Diagonale der Rotationsaxe parallel wäre, und die Normale auf μ den Mittelpunct der Hyperbel träfe.

Dass eine so beschaffene elektromotorische Fläche die Neigungsströme liefern würde, wie wir sie beobachtet haben, ist klar. In jeder Lage des Bogens, in der ein Neigungsstrom erfolgte, ist der Fuss, zu dem er eintrat, der höhere, und im Allgemeinen entspricht der Niveauunterschied der jedesmaligen Stromspannung. Nur eine Abweichung findet statt. Gemäss der beschriebenen Vertheilung müsste sich der Punct μ gegen die stumpfen Ecken so negativ verhalten, wie positiv gegen die

1) Ad. Fick, die medicinische Physik u. s. w. S. 55.

spitzen. Wir fanden aber, dass er sich auch gegen die stumpfen Ecken, obwohl viel schwächer, positiv verhielt. Unstreitig, weil die gewöhnliche Muskelstrom-Spannung wegen der verschiedenen Entfernung vom Querschnitt die Neigungsstrom-Spannung überwiegt. Damit stimmt, dass auch öfter die eine stumpfe Ecke sich gegen μ viel schwächer negativ als die andere, oder gar positiv verhält.

Indem wir senkrecht auf die Niveaulinien die Strömungscurven ziehen, erfahren wir das Gesetz der Ströme, welche an der Mantelfläche des Rhombus der beschriebenen Vertheilung entsprechen. Im Allgemeinen ist diese so, als wären die stumpfen Ecken positive, die spitzen negative Einströmungsstellen. Demgemäss theilt sich die aus den stumpfen Ecken über jede Hälfte der Mantelfläche sich ergiessende Elektricität in zwei Ströme, deren einer dem Rande des Querschnittes entlang zur einen, der andere der Längsschnittsseite entlang zur anderen spitzen Ecke einkehrt.

Es handelt sich jetzt darum, zu zeigen, dass eine solche Vertheilung der Spannungen, oder ein solcher Stromverlauf, aus der Anordnung elektromotorischer Bestandtheile fliesst, die wir im Muskel annehmen. Wie wir unstreitig dürfen, sobald wir nur die Neigungsströme im Auge haben, denken wir uns der Einfachheit halber die dipolaren Molekeln so gedreht, dass ihre elektromotorischen Axen der grossen Axe der Querschnitte parallel sind. In der an den Querschnitt grenzenden Schicht kehren die Molekeln ihre positiven Pole der stumpfen Ecke zu, in der zweiten liegen sie umgekehrt, in der dritten wieder wie in der ersten, u. s. f. bis zum anderen Querschnitt, wo die Molekeln der Grenzschicht also wieder ihre positiven Pole der stumpfen Ecke zukehren.

Eine der geschilderten ähnliche Vertheilung der Spannungen erhielte man, wenn nur die beiden Grenzschichten in Betracht kämen. Jeder Punct der an die stumpfe Ecke stossenden Hälfte des Umfanges des Querschnittes wäre dann gleichsam eine positive Elektricitätsquelle, die je näher der Ecke je reichlicher flösse. Umgekehrt verhielte sich die an die spitze Ecke stossende Hälfte. Das Ergebniss wiche also im Allgemei-

nen nicht sehr ab von dem, welches die Folge davon wäre, dass allein die stumpfen und spitzen Ecken sich beziehlich als positive und negative Einströmungsstellen verhielten.

Die Wirkung des Muskelrhombus würde auf die der beiden Grenzschichten zurückgeführt sein, wenn die Wirkungen aller übrigen Schichten einander aufhöben. Dies ist, wie in Coulomb's Theorie der Magnete[1]), so denkbar, dass der Abstand zweier dipolaren Molekeln, die zwei in einer Längsreihe benachbarten peripolaren Gruppen angehören, zurücktritt gegen den Abstand zweier eine Gruppe bildenden Molekeln. Da die Neigungsströme am Querschnitt, sowie die gewöhnlichen Muskelströme, dadurch gleichfalls erklärt sind, so giebt diese Annahme auf das Einfachste Rechenschaft von allen bisher betrachteten Thatsachen; ja die schwachen Ströme des Längsschnittes werden dabei allenfalls auch ohne unwirksame Schicht verständlich, welche aber wegen der schwachen Ströme des Querschnittes nicht zu entbehren ist.

Allerdings würden wir so zu einer etwas anderen Auffassung der peripolaren Gruppen genöthigt. Um deren Untrennbarkeit durch künstliche Mittel zu erklären, nahmen wir an, die Abstände der Molekeln einer Gruppe seien kleine Grössen höherer Ordnung als die der zu zwei benachbarten Gruppen gehörigen[2]). Fortan würden die peripolaren Gruppen als gestreckte Atomcomplexe zu denken sein, an deren einander eng benachbarten, aber künstlich trennbaren Enden elektromotorische Kräfte ihren Sitz haben, welche die positive Elektricität der Axe der Gruppe parallel ihrer Mitte zu treiben.

Alles was wir über die von mir sogenannten elektromotorischen Molekeln muthmassen können, ist, dass sie auf bestimmte Weise orientirte Heerde einer lebhaften chemischen Thätigkeit

1) Histoire de l'Académie des Sciences. Année 1789. Avec les Mémoires de Mathématique et de Physique pour la même Année etc. Paris 1793. 4. p. 48; — Gren's Neues Journal der Physik 1795. Bd. II. S. 333.

2) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 324; — Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1851. S. 393; — Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. 1857. Bd. II. S. 152.

sind, derselben unstreitig, welche die Athmung der Muskeln ausmacht. Dies ist so wenig, dass man nicht sagen kann, unsere Vorstellung von den Molekeln werde sonderlich dadurch verdunkelt, dass uns jener einfache Weg verloren gehe, die Untrennbarkeit der peripolaren Gruppen zu erklären. Vielmehr könnte man in der neuen, uns durch die Neigungsströme aufgedrungenen Bestimmung über die Lage der elektromotorischen Flächen in den peripolaren Gruppen gerade umgekehrt einen Fortschritt unserer Kenntniss erblicken.

Inzwischen steht es noch nicht ganz fest, dass nur unter der besprochenen Voraussetzung die Neigungsströme der Mantelfläche ableitbar seien. Es giebt eine Betrachtung, durch welche man scheinbar auch bei der entgegengesetzten Annahme zum nämlichen Ergebniss gelangt. Sie ist aber nicht überall gleich streng, und da sie ziemlich weitläufig ausfällt, so ziehe ich es vor, sie zu übergehen, und es bei der aufgestellten Theorie bewenden zu lassen, welche keinem physikalischen Bedenken unterliegt, und an Einfachheit unübertrefflich ist.

Der Bogen ist, wie man jetzt sieht, für die Neigungsströme ebenso überflüssig, wie für die gewöhnlichen Ströme am Längs- und Querschnitt. Zwischen diesen und den Neigungsströmen findet aber der Unterschied statt, dass letztere, um zu kreisen, keiner unwirksamen oder geschwächten Schicht bedürfen. Diese kommt hier nur insofern in Betracht, als die darin vom Längsschnitt zum schrägen Querschnitt fliessenden Ströme sich algebraisch summiren mit den Neigungsströmen, die uns ja zuerst als eine Störung jener Ströme entgegentraten, da sie jetzt vielmehr als das bedeutendere Phänomen erscheinen, weil sie nicht wie jene des Absterbens einer oberflächlichen Schicht zu ihrem Entstehen bedürfen.

In Fig. 18. ist eine solche Neigung des Querschnittes gegen die Faserrichtung angenommen, dass eine jede Längsreihe von Molekeln die vorige um eine peripolare Gruppe überragt. Der schräge Querschnitt zeigt, was die elektromotorischen Molekeln betrifft, Stufen, deren jede, nach Breite wie nach Höhe, aus einer einzigen peripolaren Gruppe besteht. Wählt man die Neigung kleiner, so werden die Stufen breiter, indem

deren jede mehrere peripolare Gruppen umfasst, die der nämlichen Querschicht von Molekeln angehören; um so mehr, je mehr sich der Querschnitt einem senkrechten nähert (Fig. 19. A.). Wählt man umgekehrt die Neigung grösser, so werden die Stufen höher, indem deren jede mehrere peripolare Gruppen umfasst, die der nämlichen Längsreihe von Molekeln angehören; um so mehr, je mehr sich der Querschnitt einem Längsschnitt nähert (Fig. 19. B.). Da der Winkel zwischen dem Querschnitt und den elektromotorischen Axen der Molekeln den zwischen dem schrägen und dem senkrechten Querschnitt zu einem Rechten ergänzt, so wird die säulenartige Anordnung der die Grenzschicht bildenden Molekeln um so vollkommener, je schräger der Querschnitt. Um so weiter auseinander aber liegen auch diese Molekeln, und daher, unter gewissen Voraussetzungen, das Maximum des Neigungsstromes in Bezug auf den Winkel zwischen schrägem und senkrechtem Querschnitt. Zwischen dem Winkel, der das Maximum herbeiführt, und den relativen Dimensionen des Hofes einer peripolaren Gruppe, findet eine verwickelte Beziehung statt, und es ist ein Zustand der Theorie denkbar, der aus der Beobachtung jenes Winkels einen Schluss auf diese Dimensionen ermöglichte.

Man entsinnt sich, dass wir den dem Neigungsstrom zu Grunde liegenden Spannungsunterschied sehr regelmässig grösser fanden, als den zwischen Längsschnitt und schrägem Querschnitt, häufig sogar grösser, als den zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt; und stets grösser als letzteren, wenn wir den Unterschied zwischen Längsschnitt und schrägem Querschnitt zu Hülfe nahmen (s. oben S. 568). Auch dieser Umstand ergiebt sich ohne Schwierigkeit aus unserer Theorie. Denn der ungeschwächte Spannungsunterschied der beiden Enden einer säulenartig angeordneten Reihe aus n dipolaren Molekeln ist $2n$mal grösser als der zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt einer peripolar angeordneten Reihe. In Wirklichkeit wird er hier nun freilich nicht entfernt so gross ausfallen. Da aber n eine sehr grosse Zahl ist, so wird er sehr viel kleiner sein können, als jene Grenze, und doch noch immer gross genug, um die gewöhnliche Muskelstrom-Spannung zu überwiegen. Die auffallende Thatsache,

dass das Schrägdurchschneiden des Muskels uns ein Mittel ward, ihm stärkere elektromotorische Wirkungen zu entlocken als je bisher, ist so auf denselben Grund zurückgeführt, den ich in der Theorie des Elektrotonus dafür angebe, dass der Stromzuwachs den ursprünglichen Nervenstrom überwiegt, sogar ohne dass dieser eine bemerkbare Abnahme verräth, obschon beide von denselben Molekeln ausgehen [1]).

Dass im Conflict der Neigungsströme mit den gewöhnlichen Muskelströmen am Längs- und Querschnitt bald diese bald jene obsiegen, erklärt sich theils aus der verschiedenen Neigung der schrägen Querschnitte, wodurch die Stärke der Neigungsströme verändert wird, theils aus dem verschiedenen Zustande der unwirksamen oder geschwächten Schicht, die wir am Muskel annehmen, und von deren Mächtigkeit und Leitungsgüte, wie wir oben S. 584 sahen, die gewöhnlichen Muskelströme abhängen. Wenn aber am unvollständigen Muskelrhombus der schwache Strom am Längsschnitt so leicht den Neigungsstrom überwiegt (s. oben S. 569), so rührt dies wohl daher, dass letzterer hier nur von Einer Grenzschicht ausgeht; und wenn dasselbe am vollständigen Rhombus zwischen μ und den stumpfen Ecken geschieht, so ist dies vielleicht darauf zu deuten, dass die Spannung in μ nicht die Mitte hält zwischen der der spitzen und der der stumpfen Ecken, sondern letzterer näher steht. Dies scheint sogar nothwendig, wenn man sich den Rhombus so gestreckt denkt, dass μ fast mit den beiden stumpfen Ecken zusammenfällt.

Die Erscheinungen an dem Muskelrhombus zweiter Art sind nach dem Vorigen so leicht abzuleiten, dass ich nicht dabei verweile.

Es bleibt übrig, die Neigungsströme an den rhombischen Modellen zu betrachten. Auch hier müssen wir zuerst auf die schwachen Ströme des Längs- und des Querschnittes zurückgehen. Die Art, wie die Entstehung dieser Ströme an den thierischen Elektromotoren erklärt wurde, findet selbstverständlich keine Anwendung auf die Modelle, sondern die einzige Aus-

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 327.

sicht, meine früheren Angaben über das Verhalten der Modelle mit der Theorie zu vereinbaren, knüpft sich, wie Hr. Helmholtz bemerkt hat, an die daran stattfindende Polarisation, von der jedoch nicht abzusehen ist, wie sie die ihr zugedachte Rolle erfülle. Inzwischen verhält sich die Sache auch vielleicht ganz anders, und viel einfacher. Zu den beiden Fehlern, deren ich mich oben S. 581 bereits anklagen musste, kommt vielleicht, und zwar als πρῶτον ψεῦδος, noch der, dass ich mich in dem Vorhandensein der schwachen Ströme an den Modellen geirrt habe.

Um diese Möglichkeit, die sich natürlich hier zuletzt gleichfalls darbot, zu prüfen, verfertigte ich ein neues Modell des Muskels nach Art des in meinem Werke Bd. I. S. 672 beschriebenen, Taf. VI. Fig. 74. daselbst abgebildeten, nur statt aus 72, aus 96 peripolaren Molekeln bestehend, die in sechs Reihen, zu sechszehn Molekeln jede, aufgekittet waren. Als ich dies Modell mit den oben S. 574. 575 beschriebenen unpolarisirbaren Ableitungsplatten untersuchte, gelang es mir nicht, daran die schwachen Ströme mit überzeugender Sicherheit zu beobachten. Ebenso unbefriedigend war, wie man sich erinnert (s. oben S. 577. 578), ihre Erscheinung an den rhombischen Muskelmodellen, da sie sich zwar an zwei Seiten im richtigen, an den beiden anderen aber im falschen Sinne zum Neigungsstrome hinzufügten.

Zwischen den jetzt und den früher von mir angewendeten Modellen bestand ein Unterschied, der vielleicht nicht ohne Einfluss auf den Erfolg an beiden blieb. An den ersteren war das die Molekeln tragende Brett zwischen denselben vielfach durchbohrt, damit rasch die Luft entweiche, und das Wasser zwischen den Molekeln aufsteige. Beim Eintauchen der alten Modelle, wo dies unterblieben war, wurden die Molekeln sichtlich, je weiter nach innen, im Allgemeinen um so später benetzt. Die Folgen einer solchen ungleichzeitigen Benetzung können, namentlich unter Mitwirkung der Polarisation, sehr mannigfaltige sein, und vielleicht war dies die Ursache, wodurch mir an den alten Modellen die schwachen Ströme vorgespiegelt wurden.

Ich will auf die Erörterung, durch welche Umstände ich möglicherweise sonst noch bei meinen früheren Versuchen getäuscht ward, nicht eingehen. Sie würde höchstens dazu dienen, meine Eigenliebe zu retten. Um hier zur Gewissheit zu gelangen, besonders darüber, welchen Einfluss bei diesen Versuchen die Polarisation übt, ist ein ganz anderer Weg einzuschlagen, den zu betreten ich noch nicht Zeit fand. Ich meine den schon mehrfach angedeuteten, die Modelle aus Kupfer und Zink zu ersetzen durch Elektroden beständiger Säulen, welche Elektroden je nach dem Elektrolyten, mit dem man sie umgäbe, polarisirt würden oder nicht.

Früher oder später wird so der Versuch der Theorie des Muskel- und Nervenstromes und des Schlages der elektromotorischen Fische auf halbem Wege entgegenkommen müssen. Was die Neigungsströme betrifft, so ist deren Vorhandensein an den äusseren Begrenzungen der aus Molekeln bestehenden rhombischen Muskelmodelle ausser Frage, und an dem Modell aus dipolaren Molekeln auch nach unserer Theorie ganz in der Ordnung. An den Modellen aus peripolaren Molekeln tritt dagegen eine Schwierigkeit ein. Fasst man in Fig. 18. eine dem Querschnitt parallele Reihe peripolarer Gruppen in's Auge, so verlangt die Theorie, dass in der Mitte der Reihe die mittleren Spannungen der beiden eine Gruppe bildenden dipolaren Molekeln einander gleich seien, nach den beiden Enden der Reihe hin aber von einander in verschiedenem Sinne um eine wachsende, wenn auch stets nur kleine Grösse abweichen. Eine entsprechende Vertheilung der Spannungen an den peripolaren Molekelmodellen scheint unvereinbar mit dem Ohm'schen Satze[1]), der in Hrn. Kirchhoff's Brechungsgesetz für elektrische Ströme[2]) seine Begründung gefunden hat, dass im stationären Zustande die Grenze von Metall und feuchtem Leiter als isoëlektrische Fläche betrachtet werden kann. Andererseits ist nicht einzusehen, weshalb, wenn die zum Rhombus geord-

1) Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet u. s. w. Berlin, 1827. S. 128.

2) Poggendorff's Annalen u. s. w. 1845. Bd. LXIV. S. 500. Anm. 2. — Vergl. G. Quinke, ebendas. 1856. Bd. XCVII. S. 388.

neten peripolaren Molekelmodelle die Neigungsströme liefern, das Modell aus Rechtecken sie versage.

Unsere Aufgabe ist indess die Erklärung der Erscheinungen an den Muskeln, nicht an den Modellen, und die Bedenken, auf die wir an den Modellen stossen, beweisen nichts gegen die Zulässigkeit unserer Betrachtungen an den Muskeln. Diese Bedenken zeigen vielmehr nur von Neuem, dass der Versuch, die elektromotorischen Leistungen der Muskeln durch metallische Modelle zu erläutern, in seiner bisherigen Gestalt ein verfehlter ist, da durch die an den Modellen eintretenden, dem Muskel fremden Verwickelungen mehr künstliches Dunkel geschaffen, als Licht auf die natürlichen Verhältnisse geworfen wird.

§. IX.

Die besonderen elektromotorischen Wirkungen des unversehrten Gastroknemius vom Frosch werden mit Hülfe der Neigungsströme erklärt, und die Richtigkeit dieser Erklärung wird durch verschiedene Versuche bewiesen.

Wie die Sachen stehen, ist die Molecularhypothese über den Ursprung der thierisch-elektrischen Ströme, die schon so manches Räthsel befriedigend gelöst hat, auch der Neigungsströme Herr geworden. Mit solcher Strenge hat sie dieselben abgeleitet, dass bei gehörig gerichteter Aufmerksamkeit deren Dasein, wenigstens am Querschnitt, aus der Theorie vorhergesagt werden konnte. Aber selbst wenn die Theorie die Neigungsströme nicht zu erklären vermöchte, oder wenn man aus irgend welchen Gründen die gegebene Erklärung nicht gelten liesse, würde dies, wie ich schon oben S. 558. 559 andeutete, nicht verhindern, dass durch die thatsächliche Kenntniss der Neigungsströme Licht verbreitet werde über die sich scheinbar dem Gesetze des Muskelstromes entziehenden elektromotorischen Wirkungen des unversehrten Gastroknemius vom Frosch.

Da wir den Muskelrhombus der Urgestalt des Gastroknemius in Fig. 5. nachgebildet haben (s. oben S. 559), so bedarf es nicht des Beweises, dass dieser Muskel aufzufassen ist als

ein natürlicher Muskelrhombus, d. h. als ein solcher, an dem die schrägen Querschnitte natürliche, mit Sehnenspiegeln, auch mit einer parelektronomischen Schicht überzogene sind. Der Achillesspiegel ist der untere schräge Querschnitt, dessen stumpfe positive Ecke am oberen Rande des Spiegels, in unseren Figuren bei G', seine spitze negative Ecke an der Achillessehne, bei $G_,$, zu suchen ist. Der obere schräge Querschnitt, der seine stumpfe positive Ecke am unteren Ende des sehnigen Streifens an der Tibialfläche bei $\Gamma_,$, seine spitze negative Ecke an der Hauptsehne bei Γ' hat, ist, wie früher beschrieben (s. oben S. 530), zusammengeklappt, und seine beiden Hälften sind mit einander verwachsen. Um die Folge dieser verwickelten Anordnung zu beurtheilen, betrachten wir zuerst einen einfacheren Fall.

Stellt man aus den beiden grossen Adductoren oder Semimembränosi desselben Frosches durch symmetrische Schnitte zwei möglichst gleiche Rhomben A und B her, und schiebt man wie in Fig. 20. den Querschnitt von A gegen den von B, während B die Enden des Bogens in l, und entweder in l_1 oder in l_2 angelegt sind: so wächst jedesmal der Neigungsstrom, und sinkt wiederum, wenn A von B entfernt wird. Selbst wenn A merklich schwächer ist als B, z. B. wenn A durch warmes Wasser seiner Kraft beraubt oder einem absterbenden Muskel eines anderen Frosches entlehnt wurde, findet die Verstärkung des Neigungsstromes durch das Aneinanderschieben der Querschnitte statt. Eine Schwächung tritt dagegen ein, wenn A völlig abgestorben ist, oder durch einen aus Thon geformten Rhombus ersetzt wird. Noch weiter endlich geht die Schwächung, ja es erfolgt manchmal Umkehr des Stromes, wenn man A, statt in der bisher betrachteten Stellung, in der in der Figur nur punctirten A, gegen B schiebt.

Diese Ergebnisse erklären sich folgendermaassen. Denkt man sich den Bogen entfernt, und die beiden Rhomben in aller Strenge einander gleich, so bleibt beim Aneinanderschieben von A und B in der ersten Stellung das dynamische Gleichgewicht der Elektricität in beiden Rhomben ungestört, weil in beiden Querschnitten die gleiche Vertheilung der Spannungen

herrscht (vergl. oben S. 590). Die Puncte l, l_1, l_2 behaupten also nach dem Aneinanderschieben der beiden Querschnitte denselben Spannungsunterschied wie vorher. Aber der durch diesen Unterschied in einem diesen Puncten angelegten Bogen erregte Strom findet im ersteren Falle eine bessere Leitung durch die Muskeln, als im letzteren. Ist A schwächer als B, ganz unwirksam, oder umgekehrt wirksam, so nimmt der Spannungsunterschied des Bogens ab, im letzten Falle kann er sich umkehren. Bis zu einem gewissen Punct kann die Abnahme des Widerstandes die der elektromotorischen Kraft überwiegen, da man denn in Fällen, wo die Stromstärke durch das Aneinanderschieben der Querschnitte wächst, das Sinken der Kraft am Compensator bemerkt.

Ein ähnliches Verhalten giebt sich kund, wenn man ebenso mit zwei durch senkrechte Querschnitte begrenzten Muskeln A und B verfährt. Der Bogen ist B am Aequator und an einem dem Querschnitt nahen Puncte des Längsschnittes angelegt; gegen diesen Querschnitt wird der eine Querschnitt von A geschoben. Die Verstärkung, welche erfolgt, so lange A nicht über ein gewisses Maass geschwächt ist, (eine Umkehr kommt hier unter den gewöhnlichen Umständen nicht vor), kann für einen neuen Beweis der Richtigkeit der oben auf die Helmholtz'schen Bemerkungen gegründeten Theorie der schwachen Längsschnittsströme gelten. Denn stiessen in den beiden aneinandergeschobenen Querschnitten die Höfe der peripolaren Gruppen zusammen, wie in einem idealen Querschnitt des Muskelbündels, und wären dabei, wie ich es mir früher dachte, die Längsschnittsströme möglich, so müsste statt der Verstärkung vielmehr Umkehr des Stromes erfolgen.

Bei unserem früheren Versuch, die elektromotorische Wirkung des Gastroknemius aus seinem Bau vorherzusagen, nahmen wir an, die Scheidewand sei zu vernachlässigen, und die Vertheilung der Spannungen die nämliche, wie in dem in Fig. 9. vorgestellten Falle des zusammengebogenen Muskels (s. oben S. 536 ff.). Diese Vorstellung ist jetzt, wo wir die Neigungsströme kennen gelernt haben, nicht mehr zulässig. Zwar nicht in dem Sinne, als verdiene die Scheidewand jetzt eine Berück-

sichtigung, die wir ihr früher mit Recht absprachen. Sondern da die Neigungsströme auch kreisen, ohne dass ihnen in einer unwirksamen oder geschwächten Schicht eine Bahn geöffnet wird (s. oben S. 596), vielmehr insofern, als auch ohne Scheidewand, bei völliger Verschmelzung der daran stossenden schrägen Einzelquerschnitte, der Neigungsstrom des oberen Querschnittes durch das Zusammenklappen nicht verschwindet, wie der gewöhnliche Muskelstrom. Es hat sich, ganz abgesehen von der Verletzung, als nicht gleichgültig für die elektromotorische Wirkung herausgestellt, ob ein Muskel halbkreisförmig gebogen, oder ob er in der Mitte schräg durchschnitten, und mit seinen beiden Hälften nach Art der Sparren eines Daches oder der Schenkel eines Spitzbogens wieder zusammengefügt wird. Die beiden Hälften des zusammengeklappten oberen Querschnittes unseres natürlichen Muskelrhombus sind somit nicht den beiden idealen Querschnitten zu vergleichen, womit in Fig. 9. die beiden Hälften des zusammengebogenen Muskels aneinanderstossen, sondern den beiden aneinandergeschobenen wirklichen Querschnitten in Fig. 20.

Es folgt hieraus, dass auch mit Berücksichtigung der Neigungsströme die Vertheilung der Spannungen am Gastroknemius noch nicht ohne Weiteres der Theorie entspricht.

Am Achillesspiegel zwar lässt die jetzt erlangte Uebereinstimmung nichts zu wünschen übrig. Als schrägem natürlichen Querschnitt kommt demselben ein Neigungsstrom zu, der in Bogen vom oberen Rande des Spiegels als stumpfer, zur Achillessehne als spitzer Ecke eines Muskelrhombus, also aufsteigend im Muskel fliesst. Dies ist die einfache Erklärung des von uns längs dem Achillesspiegel entdeckten aufsteigenden Stromes, der sich algebraisch summirt zu den schwachen Strömen des Querschnittes. Auch die Ströme zwischen den seitlichen Rändern des Achillesspiegels und dessen Längsmittellinie, die wir einfach als solche schwache Ströme auffassten, sind vielleicht zum Theil Neigungsströme, da die Bündel an den seitlichen Rändern des Achillesspiegels nicht blos der Länge, sondern, wie es scheint, auch der Quere nach schräg abgeschnitten sind.

Die Theorie verlangt ferner am Längsschnitt der Tibialfläche zwischen Γ, als stumpfer und G, als spitzer Rhombusecke, wie auch längs den seitlichen Rändern des Achillesspiegels, einen im Muskel aufsteigenden Strom, und die Beobachtung weist ihn nach. Sodann sollte am Längsschnitt der Rükkenfläche zwischen G' als stumpfer und Γ' als spitzer Rhombusecke der Strom im Muskel absteigen, und sichtlich war dies der absteigende Strom, dem wir hier öfter begegneten (s. oben S. 557. 558). Was aber nicht mit der Theorie stimmt, ist, dass dieser Strom so schwach, und so selten im Stande ist, den schwachen Strom zu überwiegen, der hier im Bogen von den vom Querschnitt entfernteren zu den ihm näheren Puncten fliesst. In der That sollte die Hauptsehne, als spitze Rhombusecke, so stark negativ sein wie die Achillessehne. Der starke aufsteigende Strom zwischen Haupt- und Achillessehne erscheint daher nach wie vor räthselhaft. Endlich am Längsschnitt der Tibialfläche sollte zwischen den seitlich den Achillesspiegel begrenzenden Streifen, worin der Strom richtig aufsteigt, beiderseits von der sehnigen Scheidewand ein Streifen liegen, worin der Strom abstiege. Wir wissen bereits, dass es keinen solchen Streifen giebt.

Um diese Abweichungen zu rechtfertigen, müssen neue Umstände zu Hülfe genommen werden. Zunächst ist zu bemerken, dass am Muskelkopfe die vorausgesetzten Bedingungen nicht ganz erfüllt sind. Wie man in Fig. 4. und 6. sieht, stossen hier die Bündel mehr senkrecht an die Scheidewand, so dass von ihnen kein merklicher Neigungsstrom ausgehen kann. Da dies aber um so weniger der Fall ist, je tiefer man an der Scheidewand hinabsteigt, so lässt sich daraus wohl eine geringere Negativität des Muskelkopfes ableiten, aber weder mit Wahrscheinlichkeit eine solche relative Positivität desselben, wie man sie in vielen Fällen antrifft, noch die Abwesenheit jedes absteigenden Stromes längs der Scheidewand. Es bleibt hier vielmehr nichts übrig, als die Annahme, dass die an die Scheidewand stossenden Enden der Bündel stets mit einer parelektronomischen Schicht bekleidet seien, welche den Neigungsstrom zum grössten Theil aufhebe.

Denkt man sich am schrägen natürlichen Querschnitt eine gewisse Anzahl der die Grenzschicht bildenden dipolaren Molekeln um 180° gedreht, so wird dies den Neigungsstrom ebenso beeinträchtigen, wie den gewöhnlichen Muskelstrom. Erstreckt sich die Lageänderung auf die Hälfte der Molekeln, so werden beide Ströme verschwinden; geht sie weiter, so wird der Längsschnitt gegen den Querschnitt, die stumpfe Rhombusecke gegen die spitze negativ. Hat man einen Rhombus mit einem künstlichen und einem natürlichen Querschnitt, so wird das Letztere schon, je näher einander die beiden Querschnitte, um so früher, eintreten, auch ohne dass die Grenzschicht selber einen verkehrten Neigungsstrom erzeugt, weil der Neigungsstrom vom künstlichen Querschnitt aus sich dem natürlichen entlang geltend macht. Jeder Angriff des natürlichen Querschnittes, der die oberflächlichen Schichten ausser Spiel bringt, reicht aber hin, den ordnungsmässigen Neigungstrom hervorzurufen.

Nehmen wir an beiden Flächen der Scheidewand eine solche Parelektronomie an, dass kein merklicher Neigungsstrom übrig bleibt, so ist Alles klar. Der Erfolg wird dadurch derselbe, als wäre keine Scheidewand da, und als lehnten die Bündel der beiden Hälften nicht gegen einander gleich Sparren oder Spitzbogenschenkeln, sondern verschmölzen stetig zu Rundbögen. Der Gastroknemius wird so auf das Schema eines unvollständigen Muskelrhombus zurückgeführt, nach Art des oberen Abschnittes eines schräg durchschnittenen Adductor magnus, wie ihn Fig. 12. zeigt, wenn man sich denselben stark parelektronomisch denkt.

Am Längsschnitt der Tibialfläche verlangt die Theorie jetzt nur den dort wirklich vorhandenen aufsteigenden Strom, herrührend von der Grenzschicht am Achillesspiegel. Am Längsschnitt der Rückenfläche wird der Neigungsstrom von der stumpfen Rhombusecke bei G' aus gewöhnlich durch den

1) Statt „grösserer oder kleinerer Ausbildung der parelektronomischen Schicht" sage ich fortan „grössere oder kleinere Parelektronomie".

Strom nach dem Querschnitt hin überwogen, wie wir dies auch am unvollständigen Rhombus beobachtet haben (s. oben S. 569. 598). Gelegentlich jedoch, bei geringerer Parelektronomie der Scheidewand, verstärkt ihn der Strom zur spitzen Rhombusecke, als welche die Hauptsehne, trotz dem mehr senkrechten Ansatz der oberen Muskelbündel, doch immer zu betrachten ist, und dann ist er der Sieger. Sonst verhält sich der Längsschnitt des Muskelkopfes, abgesehen von den kleinen natürlichen Querschnitten unter Haupt- und Nebensehne, schwach positiv gegen den schrägen natürlichen Querschnitt des Achillesspiegels. Zu diesem Strome tritt aber noch der Neigungsstrom des Achillesspiegels, um so stärker, je tiefer der Ableitungspunct am Spiegel gewählt ist, am stärksten, wenn dieser Punct die Achillessehne selbst ist.

Daher also jener starke aufsteigende Strom zwischen der Haupt- und Achillessehne, der mir lange ein um so peinigenderes Räthsel blieb, eine je wichtigere Rolle ich ihm in meinen Versuchen einräumen musste (s. oben S. 553). Dieser Strom — im Grunde der älteste bekannte Muskelstrom, da er es war, der Galvani's Zuckung ohne Metalle hervorrief, — ist nichts als ein Neigungsstrom vom neutralen Längsschnitt zur negativen spitzen Ecke des unvollkommenen natürlichen Muskelrhombus, den der Gastroknemius, vermöge der Parelektronomie der Scheidewand, vorstellt. Mit einem Neigungsstrom ist somit auch die Lehre von der parelektronomischen Schicht ausgearbeitet worden, und man hat bereits gesehen, dass mit einer leichten Abänderung, die durch die neue Auffassung der peripolaren Gruppen geboten wird, diese Lehre sich völlig mit der Theorie der Neigungsströme verträgt. Dass jener Strom nicht verschwindet, wenn man den oberen Ableitungspunct nach G' verlegt, ist jetzt sogar leichter verständlich, als der Strom zwischen Haupt- und Achillessehne selber. Denn ohne die Parelektronomie der Scheidewand würde dieser letztere Strom verschwinden, jener fortbestehen.

Es ist übrigens leicht, diese Ströme an regelmässigen Muskeln nachzuahmen, wie ich dies, ohne den Sinn der Anordnung

zu verstehen, schon in meinem Werke angegeben habe [1]). Dazu ist nur nöthig, einen solchen Muskel schräg zu durchschneiden, wie in Fig. 12., und dessen oberen Abschnitt, in dem wir bereits das Analogon des Gastroknemius erkannt haben, einerseits mit dem Punct l_2, andererseits mit einem beliebigen Puncte des Längsschnittes oberhalb der stumpfen Ecke, oder, wenn der Muskel hinreichend parelektronomisch ist, mit dem oberen sehnigen Ende O selber aufzulegen. Man erhält einen starken aufsteigenden Strom, der mit dem zwischen Haupt- und Achillessehne einerlei Ursprung hat. Man kann sich auch, wodurch die Aehnlichkeit mit dem Gastroknemius erhöht wird, der in Fig. 9. abgebildeten Anordnung bedienen. Sie liefert zwischen $\Gamma' \varrho \Gamma_,$ oder auch G', und $G_,$, einen kräftigen Strom im Bogen nach dem letzteren Punct, oder nach der spitzen Rhombusecke hin, also, da diese das untere Ende des Gastroknemius vorstellt, entsprechend einem im Gastroknemius aufsteigenden Strom. Die Einerleiheit dieser Ströme mit den im Gastroknemius zu erklärenden spricht sich noch in der schon oben S. 589 erwähnten, und auch bereits in meinen „Untersuchungen“ beschriebenen Thatsache aus, dass man beim Betupfen des schrägen künstlichen Querschnittes eines dergestalt aufliegenden Muskels mit einer gut leitenden Flüssigkeit einen negativen Ausschlag erhält, ganz wie wenn man ebenso mit dem Achillesspiegel eines wenig parelektronomischen Gastroknemius verfährt. Dieser negative Ausschlag wird erst jetzt ganz verständlich, wo wir den Sitz der elektromotorischen Kraft am schrägen Querschnitt selber erkannt haben, während früher dunkel blieb, wie ein blos dem Querschnitt angelegter Leiter eine Nebenschliessung für den Strom zwischen Längs- und Querschnitt abgab.

Verbindet man einen Punct des Längsschnittes der Tibialfläche mit einem Puncte des Achillesspiegels, so summirt sich der Neigungsstrom algebraisch zum Strom vom Längs- zum Querschnitt. Nachdem wir an den künstlichen Muskelrhomben erfahren haben, dass die Neigungsstrom-Spannung nicht

1) A. a. O. Bd. II. Abth. II. S. 78. 109.

selten die volle Spannung zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt überwiegt, auch den Grund davon durchschaut haben (s. oben S. 597), kann es nicht mehr auffallen, dass der Neigungsstrom des Achillesspiegels gelegentlich den Strom zwischen Längsschnitt und schrägem Querschnitt übertrifft; und der beim ersten Blick so anstössige Strom vom Querschnitt durch den Bogen zum Längsschnitt, ist so auf ein Spiel derselben Kräfte zurückgeführt, welche sonst den Strom in umgekehrter Richtung erzeugen.

Die von uns als Regel angenommene starke Parelektronomie der oberen Enden der Gastroknemiusbündel durch den Versuch zu beweisen, erschien natürlich sehr wünschenswerth, aber wegen der Unzugänglichkeit jener Enden im Inneren des Muskels, beim ersten Blick auch so gut wie unmöglich. Dennoch gelingt dies leicht folgendermaassen. Wie schon oben S. 531 und Fig. 6. gezeigt wurde, kann man den Gastroknemius der Länge nach in zwei Hälften zerreissen, deren jede zum unteren Querschnitt die entsprechende Hälfte des Achillesspiegels hat, während am oberen Querschnitt das damit verwachsene Blatt der sehnigen Scheidewand sitzen bleibt. Hier hat man also die gewünschte Gelegenheit, sich von dem elektromotorischen Zustand des oberen Endes der Gastroknemiusbündel unmittelbar zu unterrichten.

Was zuerst das so gewonnene Präparat im Allgemeinen betrifft, so ist dasselbe wegen der verschiedenen Länge und Richtung der Fasern freilich noch weit davon entfernt, für einen regelmässigen Muskelrhombus gelten zu können; und auf regelmässige elektromotorische Wirksamkeit desselben in allen Fällen ist um so weniger zu rechnen, als die Misshandlung vieler Fasern beim Zerreissen unvermeidlich ist. Dennoch findet zwischen einer solchen Gastroknemiushälfte und dem ganzen Gastroknemius der grosse Unterschied statt, dass, während der letztere keinen oberen Querschnitt hat und nach dipolarem Schema gebaut ist (s. oben S. 536), die Gastroknemiushälfte in den Besitz eines oberen Querschnittes gelangt und zu peripolarem Schema zurückgekehrt ist. In der That ist dieselbe einem allseits ausgebildeten Muskelrhombus zu

vergleichen, an dem nur die beiden schrägen Querschnitte von verschiedener Gestalt sind, und anstatt einander parallel zu sein, senkrecht auf einander stehen.

Hat man einen Gastroknemius, dessen Achillesspiegel wenig parelektronomisch ist, so dass er zwischen Haupt- und Achillessehne einen starken aufsteigenden Strom liefert, in der angegebenen Weise zerrissen, und legt man die eine oder die andere Hälfte mit der halben Haupt- und Achillessehne (den Puncten *H* und *A* in Fig. 6.) auf: so findet man den aufsteigenden Strom in nur wenig verminderter Stärke vor. Wäre der Kniespiegel, wie der obere schräge natürliche Querschnitt unseres Präparates heissen mag, nicht stark parelektronomisch, so müsste die Anordnung fast unwirksam sein, da man beiderseits spitze Rhombusecken berührt. Benetzt man den Kniespiegel mit einer entwickelnden Flüssigkeit, so erhält man durch Zerstörung der ihn bekleidenden parelektronomischen Schicht einen negativen Ausschlag, und bei stärkerer Parelektronomie des Achillesspiegels wird das Präparat absteigend wirksam. Benetzung der Achillesspiegel-Hälfte erzeugt dann wieder einen positiven Ausschlag, und kann dem aufsteigenden Strom von Neuem die Oberhand verschaffen. Dieser Versuch ist einerlei mit dem in meinem Werke beschriebenen am Biceps und den beiden Köpfen des Semitendinosus [1]), welche Muskeln, gleich unserem jetzigen Präparat, an beiden Enden Sehnenspiegel, d. h. schräge natürliche Querschnitte besitzen. Bringt man diese Muskeln mit ihren sehnigen Enden zwischen die Bäusche, so erhält man bald den auf-, bald den absteigenden, bald gar keinen Strom [2]). Benetzt man mit einer entwickelnden Flüssigkeit den unteren Sehnenspiegel, so erfolgt ein starker aufsteigender Ausschlag; der Ausschlag ist umgekehrt, wenn man den oberen Spiegel benetzt.

Man kann sich aber auch ganz unmittelbar von der stets sehr bedeutenden Parelektronomie des Kniespiegels überzeugen, indem man die eine Thonspitze diesem Spiegel, die andere

1) A. a. O. Bd. II. Abth. II. S. 106. 107.
2) A. a. O. Bd. I. S. 497.

einem geeigneten Puncte des natürlichen oder künstlichen Längsschnittes anlegt. Selten findet man mehr als eine Spur des gesetzmässigen negativen Verhaltens des ersteren gegen den letzteren Punct vor.

Legt man beide Thonspitzen dem Kniespiegel an, so findet man bei geringerer Parelektronomie, oder nachdem man durch ein entwickelndes Bad die parelektronomische Schicht zerstört hat, daran die nämliche Vertheilung der Spannungen, wie am Achillesspiegel, mit dem Unterschiede natürlich, dass der Neigungsstrom statt aufsteigend, absteigend ist. Indem sich dieser absteigende Strom algebraisch zu den gewöhnlichen schwachen Strömen des Querschnittes hinzufügt, wird der elektromotorische Mittelpunct des Kniespiegels nach oben verschoben, wie der des Achillesspiegels nach unten, und um den aufsteigenden Strom zwischen einem diesem Mittelpuncte und einem der Hauptsehne, oder dem Längsschnitt in ihrer Umgebung, näheren Puncte zu erhalten, muss man mit den Spitzen der Hauptsehne ganz nahe rücken.

In einigen Fällen war sonderbarerweise der Neigungsstrom am Kniespiegel aufsteigend. Da er aber dabei zugleich am Achillesspiegel abstieg, so ist klar, dass man es hier mit einer unstreitig durch die Dehnung verursachten Störung zu thun hatte, die nichts gegen die Richtigkeit unserer Schlüsse beweist. Ich habe dieselbe nicht weiter untersucht.

Es giebt noch eine andere Art zu zeigen, dass nur die Parelektronomie der Scheidewand das obere Ende des Gastroknemius verhindert, sich gleich der Achillessehne als spitze Rhombusecke zu verhalten. Man spannt den Gastroknemius in der von mir dazu angegebenen Vorrichtung[1]) aus, und schlitzt ihn mit einem scharfen spitzen Messer von der Tibialfläche her längs der einen oder der anderen Seite der sehnigen Scheidewand bis zu deren hinterem gewölbten Rande, so genau es sich thun lässt, auf. Die Wundlippen verkleben alsbald, so dass man ohne darum zu wissen die Verletzung nicht bemerkt. Das

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 67. 76. 130. Taf. I. Fig. 86. 87. 88.

elektromotorische Verhalten aber muss jetzt annähernd so erscheinen, als sei die Parelektronomie der Scheidewand aufgehoben; nicht ganz so, weil 1. es unmöglich ist, den Schnitt rein längs der ganzen Ausdehnung der Scheidewand zu führen, wie auch keine weitere Zerstörung anzurichten; 2. aus nahe liegenden Gründen die Operation auf die eine Seite der Scheidewand beschränkt bleiben muss; 3. die auf der Scheidewand übrigen Stoppeln der durchschnittenen Bündel, so lange als sie nicht völlig abgestorben sind, einen aufsteigenden Neigungsstrom erzeugen, welcher dem absteigenden Neigungsstrom entgegenwirkt, den die von der Scheidewand getrennten Bündel hervorrufen, wie in Fig. 20. der punctirte Muskelrhombus A_1 den Neigungsstrom in dem, B anliegenden Bogen aufhebt.

Trotzdem bewährt sich dieser Versuchsplan ganz vorzüglich. Legt man bei mässiger Parelektronomie des Achillesspiegels die Thonspitzen den Wundlippen in verschiedener Höhe an, so findet man, dass der vor der Verletzung dort vorhandene aufsteigende Strom einem absteigenden gewichen ist. Benetzt man den Achillesspiegel mit einer entwickelnden Flüssigkeit, so nimmt der absteigende Strom ab, und kehrt sich auch wohl wieder um. Aehnlich ist bei grösserer Parelektronomie der Erfolg zwischen Haupt- und Achillessehne, indem jetzt die erstere sich als spitze Ecke eines künstlichen negativ gegen die letztere als spitze Ecke eines natürlichen Muskelrhombus verhält. Sehr lehrreich ist, was sich ereignet, wenn man bei hoher Parelektronomie des Achillesspiegels eines längs der Scheidewand aufgeschlitzten Muskels dem Achillesspiegel selber die Thonspitzen anlegt. Alsdann erhält man hier ganz ebenso einen absteigenden Strom, wie bei geringer Parelektronomie des Achillesspiegels an der Tibialfläche des nicht aufgeschlitzten Muskels einen aufsteigenden Strom. Nichts zeigt wohl deutlicher als diese Thatsache, dass der letztere Strom auf den Neigungsstrom des Achillesspiegels zurückzuführen ist.

Es ist somit gewiss, dass die stets in hohem Grade vorhandene Parelektronomie der Scheidewand die Ursache der Abweichungen ist, welche das elektromotorische Verhalten des

unversehrten Gastroknemius auch bei Berücksichtigung der Neigungsströme zeigt. Die Thatsache der starken Parelektronomie des einen Endes eines Muskels bei wechselnder Parelektronomie des anderen ist übrigens nicht so fremdartig, wie sie beim ersten Blick scheinen mag. Die früher von mir geäusserte Vermuthung, dass die beiden Enden eines langen Muskels verschieden parelektronomisch sein könnten[1]), hat sich so sehr bestätigt, dass dies, wie ich unten zeigen werde, vielmehr die Regel auch an den absolut genommen sehr kurzen Oberschenkelmuskeln des Frosches ist. Allerdings ist hier bald das eine bald das andere Ende stärker parelektronomisch. Doch ist nicht zu übersehen, dass am Gastroknemius die beiden natürlichen Querschnitte beständig sehr verschiedenen Bedingungen ausgesetzt sind.

Wenn nach dem Allen noch zweifelhaft sein könnte, dass die elektromotorischen Eigenthümlichkeiten des Gastroknemius auf seinem Bau beruhen, so müsste dieser Zweifel weichen vor der Thatsache, dass es noch einen Muskel giebt, der fast genau dieselben Eigenthümlichkeiten zeigt, und dass dieser dem Gastroknemius ganz ähnlich gebaut ist, der innerste Kopf nämlich des *Triceps femoris* Cuv., den ich von Anfang an mit dem Gastroknemius zusammengestellt habe, als ebenso stark, sicher und ausdauernd wirksam in aufsteigender Richtung[2]). Der Triceps — ich verstehe darunter, der Kürze halber, allein den innersten Kopf dieses Muskels — hat so wenig wie der Gastroknemius einen oberen natürlichen Querschnitt, ja er verwirklicht das oben S. 529. 530 vom Gastroknemius gegebene Schema insofern noch genauer denn dieser Muskel selber, als an ihm die Unregelmässigkeit fehlt, welche am Gastroknemius die Nebensehne bedingt. Demgemäss findet man am unteren Sehnenspiegel des Triceps dieselbe Verschiebung der Spannungen, wie am Achillesspiegel; am Längsschnitt seiner Femoralfläche denselben aufsteigenden Strom, wie an dem der Tibialfläche des Gastroknemius; und zwischen oberer und unterer

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 339.
2) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 492. 493. 496. 497.

Sehne des Triceps, wie zwischen Haupt- und Achillessehne am Gastroknemius, einen starken aufsteigenden Strom, der nicht verschwindet, wenn der obere Ableitungspunct an den oberen Rand des Sehnenspiegels verlegt wird. Aufschlitzen des Triceps längs der Scheidewand an der Femoralfläche ruft eine lebhafte absteigende Wirkung hervor. Zwischen dem oberen Rand des Sehnenspiegels und der oberen Sehne erhält man aber am Triceps stets einen absteigenden Strom, was am Gastroknemius nur ausnahmsweise vorkommt; und um am Triceps zwischen einem tieferen Längsschnittspunct der Femoral-, und einem höheren Querschnittspunct der Bauchfläche den verkehrten Strom vom Quer- zum Längsschnitt erfolgen zu sehen, muss der Höhenunterschied der beiden Puncte grösser gewählt werden, als in dem entsprechenden Versuch am Gastroknemius.

(Schluss folgt.)

Weitere Beiträge zur Lehre von der Ossification.

Von

N. Lieberkühn.

Zugleich eine Entgegnung an H. Müller.

(Hierzu Taf. XVI.)

Zur Verknöcherung der Sehnen.

Was man bis jetzt über Sehnenverknöcherung weiss und worüber kaum eine Verschiedenheit der Ansichten besteht, ist Folgendes. In den Vogelsehnen werden vor der Ossification Bindesubstanzkörper von der mannichfaltigsten Form zwischen den Strängen sichtbar, die jedenfalls eine grosse Aehnlichkeit

mit Knorpelzellen zeigen und in einer homogen erscheinenden Grundsubstanz liegen. Die Ablagerung der Kalksalze tritt zuerst mitten in den Bündeln in Form feiner Körnchen auf, die durch immer neue Ausscheidungen mit einander zusammenfliessen. Zu dieser Zeit verändert die Sehnensubstanz ihr Lichtbrechungs- und Quellungsvermögen, was bemerkbar wird, wenn man die Kalkerden mittels Säuren extrahirt.

Innerhalb der mit Kalk imprägnirten Sehne bemerkt man auf Längsschliffen namentlich eine zahllose Menge in Reihen und verschiedenen Abständen von einander befindlicher, unregelmässiger Lücken, die jedenfalls nur zum Theil den ursprünglich vorhandenen Bindesubstanzkörpern entsprechen. Mittels Säuren lassen sich die sogenannten elastischen Elemente deutlich zum Vorschein bringen. Gefässräume von verschiedenem Durchmesser erstrecken sich durch die ganze Sehne, wenn sie von grösseren Thieren herrührt; bei kleineren ist dies öfters auf grösseren oder geringeren Strecken nicht der Fall. In unverknöcherten Sehnen jüngerer Thiere sind gleichfalls Blutgefässe nachweisbar.

Bisweilen ist ein Ring von Sehnensubstanz in Umfang der Gefässe nicht mit Kalkerde imprägnirt. Bei Extraction mittels Säuren kann sich ein solcher scharf gegen die veränderte Substanz absetzen, wenn das Lichtbrechungsvermögen sich oft erst während der Erdablagerung verändert.

Beim weiteren Fortgang der Verknöcherung erscheinen in der Regel im Umfang der Gefässe schwächere und stärkere Ringe von einem Gewebe, das aus viel feineren Strängen besteht, als das erwähnte; sie nehmen allmälig so überhand, dass häufig die ganze Sehne nur aus solchem besteht, oder öfter nur noch vereinzelte Stränge von der ursprünglichen Form dazwischen vorkommen. Entweder finden sich deutliche Lamellensysteme um die Gefässe vor, oder es setzen sich nur einzelne Gefässgebiete im Ganzen gegen einander ab; elastische Scheiden finden sich in der Regel nicht mehr in der feinstreifigen Substanz oder sie kommen nur vereinzelt vor. In regelmässigen Abständen von einander liegen langgezogene Knochenkörper mit deutlichen Ausstrahlungen, die aber den oben

beschriebenen Lücken und auch den Bindesubstanzkörpern in ihrer Anordnung nicht ganz entsprechen; mit ihrem Längsdurchmesser folgen sie gewöhnlich dem der Gefässe.

Gegen polarisirtes Licht verhält sich dieser Knochen wie Sehne und ist auch in der Richtung wie diese spaltbar. Innerhalb der Sehnen mancher Vögel kommen sehr ausgedehnte Markräume vor, die an ihren Wandungen eine junge Bindesubstanz oder Fettgewebe zeigen, was auch sonst hin und wieder in den Gefässcanälen sichtbar ist.

Von solchen verknöcherten Sehnen lassen sich schon Quer- und Längsschliffe anfertigen, sie werden aber wohl nie so dünn, wie sonst bei den Knochen, da das Gewebe zu leicht aus einander fasert.

Bei alten verknöcherten Sehnen vermisst man öfters in einzelnen Lamellen oder auch in allen die feinfasrige Substanz und findet statt derselben ein mehr homogenes Gewebe, das sich in Betreff der Lamellen und Anordnung der Knochenkörper ganz wie Knochen verhält und auch ebenso wie dieser auf polarisirtes Licht einwirkt.

H. Müller behauptet, auf diese Thatsachen gestützt, dass bei der Sehnenverknöcherung der Knochen nicht aus dem Sehnengewebe hervorgehe, sondern dass dieses nach vorausgegangener Verkalkung einem Auflösungsprocess von den Gefässräumen her anheimfalle und in diesen eine neue Bindesubstanz auftrete, welche sich in Knochen verwandele; letzterer ist in der Längsrichtung leicht spaltbar und aus feinen Bündeln zusammengesetzt, enthält auch häufig noch elastische Elemente wie die Sehne und ist von mir als umgewandelte Sehnensubstanz angesehen worden. Auch gegen polarisirtes Licht verhält sich dieser Knochen wie Sehne, während die auch bei der Verknöcherung häufig auftretende homogene Knochensubstanz vom gewöhnlichen Knochengewebe der Vögel nicht abweicht. Wo diese auftritt, geht die aus Bündeln zusammengesetzte zwar gleichfalls durch Einschmelzung, nach Müller's Auffassung, unter; ich hingegen beschrieb sie als eine weitere Umwandelungsstufe des Sehnengewebes selbst. Lessing, welcher gleichzeitig mit mir die Verknöcherung des Sehnengewebes unter-

suchte, verfolgte dieselbe bis zu dem Stadium, welches dem lamellösen Bau und der Erscheinung sternförmiger Knochenkörper voraufgeht.

H. Müller hat meinen Beobachtungen hinzugefügt, dass in den Gefässräumen auch Fettgewebe vorkommen könne und eine weiche junge Bindesubstanz findet sich hier, wie sonst in den Gefässcanälen, auch berichtet er, in einer Art von Einschmelzung begriffenes Sehnengewebe bemerkt zu haben, wo die Scheiden noch unversehrt erhalten sind, während der fibrilläre Inhalt schon fehlt.

Ich habe seither ebenfalls Fettgewebe an den bezeichneten Stellen gefunden und gebe überhaupt zu, dass ich in dem Beobachteten im Wesentlichen ganz mit H. Müller übereinstimme; die von ihm daraus gezogenen Schlüsse kann ich jedoch nicht als bindend anerkennen. Die von mir als Knorpelzellen bezeichneten Bindesubstanzkörper, welche zwischen den Sehnensträngen beim Beginn der Verknöcherung sichtbar werden, laufen gegen den unteren Theil der Sehne, so sah ich es bei einem jungen *Picus minor*, bisweilen geradezu im hyalinen Knorpel, der hier als eine dünne Lage die Sehne rings umgiebt und aufs klarste die homogene Grundsubstanz mit mehr oder weniger dicht bei einander stehenden Zellen erkennen lässt, die sich in nichts von den in Reihen stehenden unterscheiden.

H. Müller begründet seine Ansicht in folgender Weise. „Die Bildung der Räume um die Blutgefässe ist das Frühere; Knochensubstanz erscheint erst später in denselben.“ Ich gebe zu, dass dies häufig vorkommt, aber daraus folgt nicht, dass die Knochensubstanz aus einem neu angelagerten Gewebe hervorgeht. Dazu hätte nachgewiesen werden müssen, dass dieselben Räume, welche sich erweitert haben durch Zerstörung des Sehnengewebes, sich nachher wieder verengen auf Kosten eines anderen Gewebes. Dieser Nachweis fehlt. Wenn H. Müller anführt, dass der untere Theil des Flexor profundus eines Kanarienvogels von einem grossen streckenweise getheilten Markraum durchzogen ist, um welchen allein sich die geschichtete Knochensubstanz findet, während sie in dem oberen der Markräume entbehrenden Theil der verkalkten Sehne fehlt, so ginge

daraus immer nur hervor, dass Markräume zum Auftreten der Knochensubstanz (vorausgesetzt, dass die Erscheinung eine ausnahmslose ist) in einer gewissen Beziehung stehen; aber nicht, dass eine besondere Substanz in den Markräumen vorhanden sein muss, welche die Knochensubstanz liefert; es könnte vielmehr das Sehnengewebe selbst sein, welches nur unter diesen Verhältnissen die von mir angenommenen Veränderungen erleidet, durch welche es Knochensubstanz wird.

Ich habe auch Gelegenheit gehabt, die ossificirten Sehnen von einigen mehrjährigen Kanarienvögeln zu untersuchen und kann die von H. Müller hier beschriebenen Markräume nur bestätigen. Sie hatten nahezu dieselbe Ausdehnung bei verschiedenen Exemplaren; bei einigen war lamellöse Knochensubstanz im Umfang derselben und grobbündliges Gewebe aussen; bei anderen umgab nur letzteres die Markhöhle.

Während hiernach feststeht, dass die angeführten Beobachtungen nicht zu den von H. Müller gezogenen Schlüssen berechtigen, ist aber nicht einmal allgemein gültig, was er ausgesprochen hat. Denn die Knochenmasse bildet sich nicht ausschliesslich um Blutgefässräume, sondern kann auch anderweitig auftreten. Darüber habe ich Folgendes gefunden. In dem mittleren Theil der verknöcherten Sehne des Flexor digitorum profundus von einem ausgewachsenen Puter sah ich an Querschnitten von verschiedenen Stellen die Substanz mit den feinsten Strängen rings um den ganzen Rand der Sehne, unabhängig von den Gefässräumen, auftreten (vergl. Fig. 9.); um letztere war dieselbe an einzelnen Stellen auch bereits vorhanden, an anderen nicht, sondern nur die mit groben Bündeln, während gegen den gefässlosen Rand zu nur erstere vorkam. Aussen stiess sie an unverknöchertes Sehnengewebe an, von welchem einzelne Gefässe quer durch die feinen Stränge zogen, also senkrecht zu ihnen verliefen. An derselben Sehne eines anderen Exemplars, die erst zu einem geringen Theil Kalksalze aufgenommen hatte, waren am unteren Ende noch keine erweiterten Gefässräume wahrzunehmen, sondern nur dieselben Gefässe, wie in der unverknöcherten Sehne. Hier traten be-

reits die feinsten Stränge zwischen den gröberen auf und schnitten die vielfach der Quere nach durchziehenden Gefässe unter nahezu rechten Winkeln. Dasselbe kommt aber sonst hie und da vor, wenn die Verknöcherung bereits weiter vorgeschritten ist; mitten inne zwischen groben Bündeln erblickt man mehr oder weniger der feinsten Art, während solche auch schon im Umfange der meisten Gefässräume existiren.

Endlich können Gefässräume von grösster Ausdehnung vorhanden sein und doch besteht die ganze verknöcherte Substanz aus lamellösem Knochen. Die Lamellen sind hier zum Theil concentrisch um die Gefässräume gruppirt, zum Theil aber laufen sie der Oberfläche der Sehne parallel und zwar nicht blos an einem Querschnitt, sondern an jedem beliebigen, so dass hier an eine Entstehung von Markräumen her gar nicht zu denken ist.

H. Müller bemerkt zur Bekräftigung seiner Lehre ferner, dass die bereits von Henle hervorgehobene Aenderung in der Lage der Knochenkörper von Bedeutung sei. Ich erkenne die Richtigkeit der Beobachtung vollkommen an; aber wenn sie auch nur das Geringste für Müller's Ansicht aussagen sollte, so müsste zuvor dargethan sein, dass während des Verknöcherungsprocesses keine Bildung neuer Grundsubstanz stattfinden könne.

Endlich kann es auch nichts für H. Müller's Ansicht lehren, dass die neugebildete Knochensubstanz der „elastischen Fasern" entbehrt. Einzelne Ausnahmen, meint er, thun der Regel keinen Eintrag, sie sind vielmehr den elastischen perforating fibres analog. Wenn es aber vorkommt, dass die lamellöse Knochensubstanz mit den feinsten Strängen versehen doch noch so viel elastische Elemente enthält, wie die „verkalkte" Sehne, dann müsste doch erst nachgewiesen werden, dass dies wirklich nicht mehr dieselben Elemente sind, welche ursprünglich in der Sehne vorhanden waren. Es ist wohl zu beachten, dass H. Müller alle diese Momente benutzt, um die Wahrheit seiner Lehre zu beweisen und nicht um zu zeigen, dass sich nach derselben die erwähnten Erscheinungen erklären lassen. Da wir jetzt Stellen kennen, wo trotz der

Abwesenheit von Gefässcanälen Knochensubstanz aus Sehnengewebe gebildet wird, wie soll man dazu kommen, dies nicht anzunehmen, wo Havers'sche Canäle sich vorfinden? Abgesehen davon, dass nach H. Müller's Lehre bei der Verknöcherung der Sehnen erstens die verkalkte Sehne ganz resorbirt werden muss und dann zweitens die neugebildete lamellöse Knochensubstanz auch noch, damit endlich der wahre Knochen auftreten kann, sind es folgende Puncte, welche danach auch nicht einmal erklärt werden können: das bereits in meiner ersten Arbeit erwähnte, von H. Müller nicht beachtete, Auftreten von tertiären Strängen inmitten der groben ohne Vermittelung von Gefässen, das Auftreten von dieser unvollendeten Knochensubstanz im ganzen Umfange der Sehne, und endlich die Erscheinung von grossen Lamellen ebendaselbst.

Zur Verknöcherung der Geweihe.

H. Müller hat auch seine Ansichten über die Verknöcherung der Geweihe mitgetheilt und ist zu dem Resultate gelangt, dass auch hier kein Knochen aus hyalinem Knorpel entsteht, während ich behauptete, dass dies feststehe. Obwohl ich von dem Beobachtungsbefund H. Müller's in keinem wesentlichen Puncte abweiche, muss ich doch seine Schlussfolgerungen auch hier für ganz unberechtigt erklären. Er beginnt die Darstellung mit folgenden Worten: „Die wesentlichen Puncte, um welche es sich bei der Verknöcherung des Knorpels handelt, sind ebenso wie anderwärts nachzuweisen. Massenhafte Einschmelzung des verkalkten Knorpels, Neubildung des echten Knochens von den Markräumen her.“ Es ist dies jedoch nicht ausreichend zur Aufstellung jener Lehre. Es musste vielmehr nachgewiesen werden, dass der ganze Knorpel einschmilzt und dass die Neubildung des echten Knochens nicht vom Knorpel aus stattfindet. Beides ist auch hier, wie für Röhrenknochen von H. Müller nicht geschehen. Wenn dieser Forscher mir übrigens vorwirft, dass ich von der Resorption des verknöchernden Knorpels nichts wahrgenommen habe, so ist das nicht begründet; in einem von mir am 2. August d. J. gehaltenen und zu derselben Zeit herausgegebenen

Vortrage habe ich meine früheren Angaben durch folgende Worte vervollständigt: „dass der einmal verknöcherte Theil des Geweihes sich nicht im mindesten mehr ausdehnt, sondern ausschliesslich dadurch an Länge zunimmt, dass das junge Gewebe in den Spitzen fort und fort wuchert, in seinen älteren Theilen in hyalinen Knorpel übergeht und dann verknöchert. In den untersten Theilen werden die durch den Knochen hinziehenden Blutgefässe immer weiter und die Knochensubstanz wird in demselben Maasse in ihrem Umfang resorbirt.“ Da ich den in der Verknöcherung begriffenen Knorpel nicht verkalkten Knorpel, wie H. Müller, zum Unterschied von wahrem Knochen genannt habe, weil ich auch in ihm nur ein Bildungsstadium des wahren Knochens sehe, so stelle ich damit nicht in Abrede, dass auch er resorbirt werden kann. Ich habe ja auch anderweitig niemals dagegen gestritten, dass überhaupt „verkalkter Knorpel“ einschmelze, sondern vielmehr ebenfalls eine massenhafte Einschmelzung desselben bei der Ossification von Röhrenknochen angenommen, nämlich überall da, wo Gefäss- und Markräume entstehen, was ohnehin eine längst bekannte Sache ist. Ich behaupte ja nur, dass der übrig bleibende Knochen nicht aus einer neuen jungen Bindesubstanz, sondern vielmehr aus dem ursprünglich vorhandenen hyalinen Knorpel hervorgegangen ist. Und dies behaupte ich auch noch jetzt. Die Verknöcherung schreitet nämlich bei dem Geweihknorpel zuerst nicht gegen die Gefässcanäle hin fort, diese müssten sonst nach abwärts enger werden; sie werden aber im Gegentheil zunächst immer weiter, sondern gegen den Knorpel hin, wie ich dies früher auseinandergesetzt habe.

Dasselbe ist übrigens auch schon von Leydig (Ueber die äusseren Bedeckungen der Säugethiere. Reichert's und du Bois' Archiv 1859) geschehen; ich habe dessen Mittheilungen über diesen Gegenstand leider erst nach dem Druck meiner Arbeit kennen gelernt. Dieser Forscher sagt nämlich: „Zunächst der gefässhaltigen Räume, um sie herum, erkennt man strahlige Knochenkörperchen, während noch die Hauptmasse des zwischen den Gefässräumen liegenden Gewebes aus grossen, blassen, rundlich-ovalen Zellen besteht, um deren Peri-

pherie sich Kalkkörnchen niedergeschlagen haben.“ Da Leydig das grosszellige Gewebe eine Art weichen Faserknorpels und ossificirendes Blastem nennt, so ist keinem Zweifel unterworfen, dass er das Richtige erkannt hat, dass nämlich die Verknöcherung gegen den Knorpel hin fortschreitet.

Wenn aber gar nicht zweifelhaft ist, dass hier gegen den Knorpel zu die Verknöcherung weiter fortschreitet, und diese verknöcherte Substanz mit strahlenförmigen Knochenkörpern sich von wahrem Knochen nicht unterscheiden lässt: dann darf man doch wohl sagen, dass H. Müller gar nicht im Stande ist, ihre Resorption nachzuweisen. Trotzdem stellt er folgende Behauptung ohne Angabe jedes Grundes hin: „Gerade die Stellen, wo die geschlossenen Knorpelhöhlen sich um die enthaltenen kleinen Zellen her ausfüllen, gehen, wenn ich nicht irre, am schnellsten der Einschmelzung entgegen.“ Und wenn H. Müller ferner äussert, dass in dem Umfang der Geweihe der aus dem Periost hervorgehende Knochen sich gar nicht mit bestimmter Grenze gegen den verkalkten Knorpel mit sternförmigen Knochenkörpern absetzt: dann ist gar nicht abzusehen, wie er hier die Existenz von wahrem Knochen leugnen will. Denn dass es gerade darum kein wahrer Knochen ist, weil er aus hyalinem Knorpel hervorgegangen ist, das nimmt eben nur H. Müller an. Selbst Kölliker nennt ihn echten Knochen mit sternförmigen Höhlen und hat seit der Beobachtung der Geweihe entschieden seine Ansicht verändert. Dies, meine ich, muss jeder zugeben, der S. 76 der neuesten Auflage seines Handbuchs der Gewebelehre mit S. 262 vergleicht. An der ersten Stelle sagt er: „Den neuesten Untersuchungen von H. Müller zufolge muss der verkalkte Knorpel von dem wahren Knochen unterschieden werden, indem nun nachgewiesen ist, dass der Knorpel bei der gewöhnlichen Verknöcherung zu Grunde geht,“ und an der zweiten: „wogegen auf der anderen Seite allerdings auch zuzugeben ist, dass im Rehgeweih auch verkalkter Knorpel mit sternförmigen Höhlen gefunden wird, der von echtem Knochen nicht zu unterscheiden ist.“ Wenn hier keine Aenderung der Ansicht angenommen wird, wie H. Müller will, so muthet Kölliker seinem Leser zu,

etwas zu unterscheiden, was, wie er selbst sagt, nicht zu unterscheiden ist. H. Müller fügt hinzu: „Das ausnahmsweise Vorkommen der Ausfüllung von Knorpelhöhlen mit sternförmigen Zellen bei *Rhachitis* war ja nie widersprochen.“ So einfach ist die Sachlage nicht. Durch die Ausfüllung von Knorpelhöhlen mit sternförmigen Zellen entsteht noch nicht das Aussehn des echten Knochens. Dazu gehört noch etwas Anderes, nämlich die Veränderung der Grundsubstanz zwischen den Knochenhöhlen. Wenn Kölliker dies (dass nämlich echter Knochen aus Knorpel hervorgehen kann) auch von der echt lamellösen Grundsubstanz nicht sagen würde, so thut das zur Hauptsache nichts; die Hauptsache ist, dass damit zugegeben wird: echte Knochensubstanz, die die Höhlen des Knorpels zur Bildung der engen Knochenhöhlen ausfüllt, weicht in keiner Weise von der Grundsubstanz ab, die aus hyalinem Knorpel stammt, d. h. die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels hat eine solche Umwandlung im Lichtbrechungsvermögen und damit wohl auch im chemischen Verhalten erlitten, dass sie von der Grundsubstanz des ächten Knochens nicht unterschieden werden kann. Das ist aber gerade entgegengesetzt demjenigen, was Kölliker in seinem ersten Satz ausspricht. Es bedarf dann eben der Einschmelzung des hyalinen Knorpels nicht, damit wahrer Knochen zu Stande kommt.

Nachdem ich darauf hingewiesen hatte, dass zwischen dem sogenannten verkalkten Knorpel und dem vollendeten Knochen eine Grenzlinie fehlen kann, erklärt jetzt H. Müller, dass nicht jede Auflagerung eine solche Spur zurücklassen muss. Dann kann er ihre Anwesenheit nicht mehr zum Beweis für die Richtigkeit seiner Lehre verwenden, was früher geschehen ist. Denn früher hat er behauptet, „dass diese die Markräume auskleidende Knochenschicht in der That neu aufgelagert ist, kann bei Untersuchung geeigneter Präparate nicht bezweifelt werden. Es ist dieselbe überall durch eine Linie deutlich gegen die Reste der Knorpelgrundsubstanz abgegränzt.“

Besser steht es „mit dem weiteren Behelf“ bei den Geweihen wie bei Röhrenknochen auch nicht, der den Process der Erneuerung des grössten Theils der Substanz erschliessen las-

sen soll. S. 15 heisst es: „nachdem bereits die Verkalkung des Knorpels begonnen hat, nimmt das Volum der Markräume eine Strecke weit so zu, dass eine beträchtliche Einschmelzung ersichtlich ist. Die Form der anfänglich fast bloss als Längscanäle vorhandenen Markräume ändert sich dabei in eine exquisit cavernöse um. Die Räume treten nach allen Richtungen so in weite Verbindung, dass namentlich die Menge seitlicher Durchbrüche nicht zu übersehen ist. Gegen die Rose hin nimmt in etwas weiter hervorgewachsenen Geweihen die Dicke der Knochenbalken wieder zu auf Kosten der Markräume.“ Ob man die wirklich zu beobachtenden Resorptionen des in der Verknöcherung begriffenen Knorpels am Geweihe gerade massenhaft nennen kann, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls ist der Reichthum der vorgebildeten Gefässe ungemein auffallend; schon Leydig beschreibt ihn sehr richtig: „an Querschnitten liegt Blutpunct an Blutpunct und auf Längsschnitten sieht man über die ganze Fläche weg einen gleichsam dicht zusammengeschobenen Gefässbüschel.“ Ich hatte Gelegenheit ein in der Verknöcherung begriffenes Geweih eines Dammhirsches von der Carotis communis und Vena jugularis zu injiciren, und fand hier eine grosse Zahl von der Quere nach ziehenden Anastomosen zwischen den der Länge nach verlaufenden Gefässen; in grösserer Entfernung von den Spitzen werden dieselben weit häufiger. Jedenfalls bilden sich fortdauernd neue Gefässe. Darauf deuten die von H. Müller erwähnten kleinen Markräume, die nur junge Bindesubstanz enhalten; einige derselben konnte ich nach abwärts im Zusammenhang mit einem gefässführenden Canal nachweisen; auch kommen Blutkörperchen in ihnen vor. Es liess sich auch hier an einem und demselben Gefäss die Zunahme des Lumen nach abwärts verfolgen. Trotzdem nimmt die junge Knochenlage im Umfang desselben zu. Und wenn man eine ganze Anzahl beisammenliegender Gefässe betrachtet, so findet man, dass derselbe Vorgang um jedes verläuft.

Wenn H. Müller angiebt, dass die Gefässräume noch weiter nach abwärts sich wieder verengen, und zwar durch Verknöcherung der jungen Bindesubstanz, welche zwischen Ge-

fäss- und Knochenmark vorhanden ist, so läugne ich das ja gar nicht. Aber die Hauptsache ist, dass hier nicht erst die Bildung des ächten Knochens beginnt. Diese findet sich entschieden schon in der Höhe der noch immer mehr sich erweiternden Gefässräume; und für sie hat H. Müller keine Spur eines Beweises beigebracht, dass sie aus der jungen Bindesubstanz der Markräume hervorgeht. Die Verknöcherung der jungen Bindesubstanz innerhalb der Gefässräume tritt zu sehr verschiedener Zeit ein bei verschiedenen Geweihen. An einem Rehgeweih, welches fast ausgewachsen ist, finde ich noch keine Abnahme des Lumen in den untersten Theilen; in einem anderen hingegen beginnt die Verengerung schon etwa zwei Zoll unter der Spitze. In einem ausgewachsenen in den oberen Enden noch weichem Hirschgeweih ist die Verengerung der Räume im unteren Theil schon über zwei Linien gegen die Mitte vorgeschritten; in einem anderen Hirschgeweih hingegen, welches etwa vier Zoll hoch ist, ergeben Messungen noch keine Verringerung des Lumen in der Nähe des Stirnhöckers. Diese Schwankungen in der Zeit des besprochenen Vorganges erklären die abweichende Mittheilung Müller's. Aber die Verengerung der Canäle und die Bildung der ächten Knochensubstanz fallen nicht zusammen, sondern diese entsteht schon, während die Gefässräume sich noch erweitern. Ueberdies finde ich, dass an mehreren bereits entbasteten Hirschgeweihen nur in der Peripherie die Knochensubstanz compact geworden, im Inneren dagegen porös geblieben ist. Müller giebt ganz richtig an, dass die Neubildung des Knochens von den Markräumen her auch für die gröbere Anordnung sichtbar ist. Das ist aber auch das Einzige, was sich beobachten lässt. Denn was er nun weiter sagt, dass schon da, wo die Verknöcherung beginnt, der Knochen nicht aus Knorpel, sondern aus junger Bindesubstanz entsteht, geht über die Beobachtung hinaus; darauf hin erklärt er die entgegenstehenden Ansichten aller derer, die vor ihm und mit ihm gearbeitet haben, für veraltet, unhaltbar, für Anschauungen aus vorhistologischer Zeit. Es sind solche Wendungen freilich nicht geeignet, die Beweiskraft seiner Argumente zu erhöhen und ich kann auch hier nur wiederholen

was ich früher gesagt habe, dass die Beobachtungen von H. Müller in der Hauptsache nicht neu, und wo sie neu, nicht beweiskräftig sind.

„Verknöcherungsrand wachsender Knochen."

H. Müller wiederholt hier kurz seine früheren Angaben. 1) sagt er, „ist an manchen Knochen die augenscheinliche Ueberzeugung zu liefern, dass die sämmtlichen Knorpelhöhlen in communicirende Markräume umgewandelt sind, ehe es zu der Bildung von strahligen Knochenkörpern gekommen ist." H. Müller hat hier die nicht communicirenden übersehen, die von Anderen in so grosser Zahl beobachtet sind, aus diesen werden die Knochenkörper. Wo sich Communicationen finden, beginnt die Bildung der bleibenden Markräume. 2) „Die Knochensubstanz tritt an den Wänden der jungen Markräume als ein Saum auf, welcher gegen die Markräume an Dicke zunimmt." 3) „Diese Knochenschicht ist weit entfernt, in ihren Anfängen kugelige Formen zu bilden, sondern läuft über die mannichfachen durch Verschmelzung der Knorpelhöhlen entstandenen Unebenheiten der Wände in einer Art hin, welche sich durchaus nicht mit Lieberkühn's Ansicht verträgt." Dass diese Erscheinung vorkommen kann, ist richtig; ich habe sie selbst in meiner Abhandlung beschrieben, wie H. Müller bei genauerer Durchlesung bemerkt haben würde. Man kann Schnitte gewinnen, wo eine dünne Knochenschicht ohne Knochenkörper auftritt, ferner solche mit Knochenkörpern ohne Glomeruli und solche mit Glomerulis, es ist aber nie mit Sicherheit auszusagen, ob der Raum, den man dann vor sich hat, als der im normalen Resorptionsprocess entstehende Markraum allein, oder wenigstens theilweise als ein Kunstproduct anzusehen ist, da so leicht in der Bildung begriffenes Knochengewebe fortgerissen wird. Wo die Glomeruli nicht sichtbar sind, ist die Verknöcherung schon in die Grundsubstanz des Knorpels hinein vorgerückt. Es ist auffallend, wie H. Müller diese Erscheinung mit meiner Ansicht unverträglich finden kann. 4) „In diese Knochensubstanz werden die jungen strahlig auswachsenden Zellen von der Markhöhle her

nach und nach so eingeschlossen, dass man alle möglichen Uebergangsstufen erkennen kann.“ Dies lässt sich aus den vorhandenen Beobachtungen nicht schliessen. Einmal kommt entschieden bei Anfertigung der Präparate durch Aufreissen vorhandener Knochenhöhlen dieselbe Erscheinung vor; dann aber ist es auch möglich, wenn Kunstproducte nicht vorliegen sollten, die Uebergangsformen in umgekehrter Reihenfolge auszulegen; es könnten danach Resorptionsphänomene sein. 5) „Eine aufmerksame Betrachtung der Knochenbälkchen in der vom Knorpel aus gewachsenen schwammigen Substanz, auf einem Schnitt, der von der Verknöcherungsgrenze an bis in die Tiefe des Knochens geht, ist für sich schon hinreichend, um Lieberkühn's Theorie zu widerlegen: dass nämlich jene Bälkchen einfach die Reste des metamorphosirten Knorpels seien.“ Schon von älteren Autoren und auch von mir ist nicht in Zweifel gezogen, dass von Mark und Endosteum aus Lamellen der spongiösen Knochensubstanz eines Röhrenknochens sich verdicken können. Diese Erscheinung hat mit Müller's Hypothese gar Nichts zu thun. Es könnte ohnehin an den weiter nach abwärts der Markhöhle näher liegenden Stellen spongiöse Knochensubstanz mit dickeren Wandungen von vornherein vorhanden gewesen sein; und ausserdem steht fest, dass auch die compacte Knochensubstanz der Röhrenknochen durch Resorption das Ansehen von spongiöser annehmen kann.

Ueber die in Rede stehenden Puncte habe ich folgende weitere Beobachtungen an den Metatarsalknochen eines nicht vollständig ausgetragenen Pferdeembryo angestellt.

Der zwischen der Diaphyse und Epiphyse befindliche Knorpel hat das Eigenthümliche, dass die Gefässe in ihm vorgebildet sind und vorwiegend der Länge nach hindurchziehen. Seine Knorpelzellen sind ebenso wie sonst in Reihen geordnet. Wo die Kalkablagerung beginnt, sind sie vergrössert und die Grundsubstanz zwischen ihnen ist verringert und im Lichtbrechungsvermögen verändert. Fertigt man von hier ab Querschnitte von dem mit einem Gemenge von verdünnter Salzsäure und Chromsäure extrahirten Knochen an, so sieht man eine grosse Anzahl von Gefässcanälen in regelmässigen Abständen

von einander und von so bedeutender Grösse, dass sie leicht mit blossem Auge erkennbar sind. Die Knorpelhöhlen in ihrer Umgebung sind kugelig oder oval und letztere häufig mit ihren grössten Durchmessern gegen das Gefäss hingerichtet (vergl. Fig. 1.), in die Knorpelgrundsubstanz sind bereits Kalksalze abgelagert. Weiter nach abwärts gegen die Mitte der Diaphyse zu geführte Schnitte zeigen die Knorpelsubstanz brüchiger und ein grosser Theil der die Höhlen von einander trennenden Septa ist zerstört. Noch weiter nach abwärts erscheinen die Reichert-Brandt'schen Knochencapseln und bereits in der Bildung begriffene und vollendete Glomeruli und weiter Nichts, als diese; dazwischen treten Markräume in weiter nach abwärts immer zunehmender Grösse auf. (Vergl. Fig. 2.) Bemerkenswerth ist, dass im Umfange der Gefässe die eigenthümlich gestellten Knorpelhöhlen noch erkennbar sind, nur in der angegebenen Weise verändert. An den Gefässcanälen kommen seitliche Durchbrüche vor. Noch weiter nach abwärts nehmen die Glomeruli noch immer mehr überhand und das Lichtbrechungsvermögen der zwischen ihnen liegenden Grundsubstanz ändert sich bereits so, dass die ersteren sich weniger bestimmt absetzen. Die gröberen Septa zwischen den ursprünglichen Knorpelhöhlen sind noch leicht zu erkennen. An noch tiefer geführten Schnitten wird durch immer fortschreitende Einschmelzung des in der Verknöcherung begriffenen Gewebes die Knochensubstanz schon so schwammig und porös, dass man nur schwierig dieselben Gefässräume in ihren regelmässigen Abständen von einander noch erkennen kann, wenn nicht die Gefässe selbst noch vorhanden sind. Die Glomeruli sind fast nirgends mehr wahrzunehmen, die die Knochenkörper trennende Grundsubstanz hat vollständig das Lichtbrechungsvermögen des vollendeten Knochens, bis auf diejenigen Stellen, in welchen die gröberen Septa der Knorpelhöhlen lagen. Indem nun immer mehr Knochenbalken gegen die Markhöhle hin resorbirt werden, werden die Lücken immer ausgedehnter. Da man hier an den Gefässen entlang die allmälige Veränderung der Grundsubstanz des Knorpels verfolgen kann und zwar an einem und demselben Gefäss, und sich das Lu-

men des Canals fast gar nicht verändert, höchstens etwas weiter wird, so kann kein Zweifel darüber obwalten, dass man es immerfort mit demselben in der Verknöcherung begriffenen Gewebe zu thun hat. Es stellt sich auch heraus, dass man keinesweges alle die Lücken, welche man in dem „verkalkten" Knorpel wahrnimmt, als durch Einschmelzung entstanden anzusehen hat, da weiter abwärts wieder ringsum geschlossene Knochencapseln an denselben Stellen auftreten.

Chemisches Verhalten.

H. Müller behauptet, dass meine Untersuchungen über den Knorpel und Knochen der Knorpelfische weit entfernt seien, Belege für die Umwandlung des Knorpels in Knochen zu geben, sondern vielmehr nur neue Beispiele dafür lieferten, dass Substanzen von verschiedenem histologischen Ursprung auch chemisch verschieden sind. Bei dem von mir untersuchten Fisch (*Galeus canis*) ginge nämlich die knöcherne Substanz der Wirbel grossentheils nicht aus Knorpel, sondern wie Kölliker gezeigt habe, „aus weicher Masse" hervor.

Nur durch die zufällige Verzögerung des Drucks von Reichert's in der Akademie der Wissenschaften gehaltenem auch diesen Gegenstand berührenden Vortrage ist es möglich geworden, dass H. Müller obige Behauptung aufstellen konnte. Mir war bereits bekannt geworden, dass die Hauptmasse des verknöcherten Wirbels bei *Galeus* in der That aus hyalinem Knorpel hervorgeht, welcher von dem Perichondrium aus stets zunimmt, so lange der Verknöcherungsprocess in ihm vorschreitet. Es könnte höchstens nur zweifelhaft sein, ob eine concentrisch gestreifte als sogenannte Scheide um die Gallertsubstanz der Chorda dorsalis gelegene äusserst unbedeutende Knochenschicht aus faserknorpliger oder hyalin-knorpliger Substanz hervorgehe. Ueber das Nähere muss ich auf die demnächst erscheinende Abhandlung Reichert's selbst verweisen.

H. Müller beklagt sich, dass ich ihm mit Unrecht vorwerfe, er betrachte Knochen und Knorpel als absolut verschiedene Dinge. Kölliker hat schon Aehnliches und mit Recht gethan und hat die von H. Müller gezogene scharfe Grenze

für nicht durchgreifend erklärt. Dass zwischen Knorpelverkalkung und Knochen räumlich Zwischenstufen aller Art existiren, ändert in der Sache Nichts. Wenn Jemand eine Erklärung dafür, dass der ächte Knochen Glutin, der Knorpel Chondrin beim Kochen giebt, darin zu finden glaubt, dass der Knorpel überall untergeht und das glutingebende Gewebe sich „durch gröberen Wechsel" an die Stelle desselben setzt, so darf man doch wohl von einer scharfen Trennung der genannten Dinge reden. Was Seite 4. seines eben erschienenen Aufsatzes steht, konnte man damals noch nicht wissen; hier heisst es: „Wenn ich an den von mir speciell angeführten Stellen nicht eine Umwandlung, sondern eine Ersetzung finde u. s. w." Dann ist aber der obige Satz nicht mehr allgemein gültig, wie er dort ausgesprochen ist, sondern nur für die speciell von H. Müller angeführten Stellen, die man erst genau in seinem Aufsatz nachsehen muss. Es ist dadurch aber keine Lösung des Problems gegeben, wie die frühere Arbeit hat annehmen lassen und beansprucht hat.

Ebenso ungerechtfertigt beschwert sich H. Müller, dass ich ihm wegen seines Citates aus Schlossberger's Lehrbuch einen Vorwurf gemacht habe. Schlossberger theilt Fremy's Untersuchungen über den verknöchernden Knorpel mit und führt an, dass dieser Chemiker die bereits ossificirte Stelle glutingebend und den nicht verknöcherten Knorpel in der Umgebung chondringebend gefunden habe. Darauf sagt er: „so kommt er zu dem Schluss, dass der Knorpel sich nicht allmälig in Knochen verwandelt, sondern der Knochenmasse plötzlich an einer gegebenen Stelle weicht." Also die die Ossificationspuncte umgebende Substanz giebt noch Chondrin beim Kochen, sie ist nicht auch schon nachweisbar chemisch verändert. Das ist der Sinn des Dargestellten, worin H. Müller eine Aehnlichkeit mit seiner Ansicht findet. Die von Schlossberger angeregte Frage, ob die Collagenmolecüle an die Stelle der Chondrogenmolecüle treten, oder ob sie sich in dieselben umwandeln während der Verknöcherung des hyalinen Knorpels, lässt sich übrigens auf alle Gewebe des thierischen und pflanzlichen Organismus ausdehnen, wo chemische Um-

setzungen vorkommen, mögen sie in Zellen oder Intercellularsubstanzen oder in Zellenderivaten auftreten. Geht die Hornsubstanz der Epidermiszellen aus den ursprünglich hier vorhandenen Stoffen hervor, oder verdrängt sie dieselben? Sind die Cellulosemolecüle schon in den starren Theilen des Zelleninhaltes als eine verwandte Substanz vorhanden oder treten sie vielmehr nur an deren Stelle, ohne aus ihnen hervorgegangen zu sein? Zur Beantwortung dieser Fragen bietet die Wissenschaft noch keinen Anhaltspunct.

Es ist längst bekannt, dass Resorptionserscheinungen während der Ausbildung des Knochens in allen Stadien derselben angetroffen werden, sowohl in der Zeit, wo die Kalkablagerung beginnt, als auch wo die Knochencapseln auftreten, desgleichen im Zustande der spongiösen als der compacten Knochensubstanz. Im Beginn der Ossification sind die Einschmelzungen ausgedehnter, wenn keine Gefässe vorgebildet sind, z. B. bei den meisten Röhrenknochen, weniger ausgedehnt, wenn die Mehrzahl der Gefässe schon vorhanden ist, so beim Geweih, bei den verknöchernden Sehnen. H. Müller sagt daher nichts Neues, wenn er seine Darstellung stets damit beginnt, dass hinter der Kalkablagerung im Knorpel massenhafte Einschmelzungen nachrücken. Daraus lässt sich gar Nichts zur Unterstützung der Ansicht ableiten, dass Knorpel nicht zu Knochen werden könne. Während an verschiedenen Stellen der in Knochen sich umwandelnde Knorpel einschmilzt, bildet er sich an anderen zu fertigem Knochen aus. Dies ist am Geweih namentlich deutlich, ebenso an denjenigen Röhrenknochen, wo die Gefässe bereits im hyalinen Knorpel vorgebildet sind, man kann hier in der verknöchernden Substanz, die ein und dasselbe Gefäss der ganzen Länge nach umgiebt, auf's Klarste den ganzen Process der Umwandlung verfolgen; wenn in solchen Fällen eine Anbildung des jungen Knochens von dem Gewebe der Haverschen Canäle aus erfolgen sollte, so müssten die Lumina der Canäle nach abwärts enger werden, während die Knochensubstanz mit sternförmigen Knochenhöhlen auftritt, das ist aber nicht der Fall; es bleiben vielmehr die grösseren Gefässe der Zahl und Lage nach genau die-

selben, wie allmälig nach abwärts geführte Querschnitte, bis zu der Stelle, wo die vollendete Knochensubstanz vorhanden ist, auf's Ueberzeugendste darthun. Dabei schreitet die Einschmelzung ringsumher immer fort, bis es zur Entstehung der schwammigen Knochensubstanz in der Umgebung der Markhöhle gekommen ist, wo dann diese selbst zur Vergrösserung der letzteren fortwährend untergeht. Beim Geweih ist die Bildung des ächten Knochens aus hyalinem Knorpel an den nicht der Resorption unterliegenden Theilen besonders klar und H. Müller bringt auch nicht das geringste Thatsächliche bei, um die Resorption auch dieses Knochens zu beweisen; sagt aber nur, „dass gerade die Stellen, wo die geschlossenen Knorpelhöhlen sich um die enthaltenen kleinen Zellen her ausfüllen, am schnellsten der Einschmelzung unterliegen" und fügt statt des Grundes hinzu: „wenn ich nicht irre." Die Gefässe vergrössern und vermehren sich auch hier noch und dabei schmilzt ein Theil des schon aus Knorpel gebildeten und in der Bildung begriffenen Knochens wieder ein.

Die Anlagerung neuer Knochenmasse von Gefäss- und Markräumen her ist eine längst bekannte Sache und H. Müller unterliegt auch hier einer Täuschung, wenn er glaubt, dass damit das Geringste für seine Ansicht gewonnen ist; ob die Anlagerung im Geweih etwas höher oben beginnt oder etwas tiefer unten, worauf er so grosses Gewicht legt: darauf kommt gar nichts an, sondern nur darauf, dass sie an solchen Theilen beginnt, wo bereits eine Verknöcherung des hyalinen Knorpels stattgefunden hat, die von mir zuerst beobachtet und von Kölliker bestätigt ist. Ob H. Müller solchen Knochen exquisit nennen will oder nicht, bleibt sich ganz gleich; er besitzt sternförmige Knochenkörper und giebt Glutin. Unter diesen Umständen kann man keinen Gebrauch davon machen, dass H. Müller jetzt auch die Abwesenheit scharfer Grenzlinien zwischen dem „verkalkten Knorpel" und wahrem Knochen erklären kann, während er früher ihre für allgemein erklärte Anwesenheit zum Beweise für die Richtigkeit seiner Ansicht benutzt hat.

Eben so wenig kann der geschichtete Bau der Knochensub-

stanz dazu benutzt werden, um zu beweisen, dass weder hyaliner Knorpel noch Sehnengewebe zu Knochen werde, sondern immer erst eine osteogene Substanz auftreten müsse. Es soll gar nicht geleugnet werden, dass zwischen neu aufgelagertem Knochen und dem alten eine Grenzlinie vorkommen kann, aber dass die Schichtung allgemein durch zeitlich unterbrochene Auflagerung zu Stande kommt, ist nicht richtig. Bei der verknöcherten Sehne ziehen grosse Lamellen um den äusseren Umfang derselben, was von H. Müller ganz übersehen ist, und grenzen nach aussen an dasselbe Sehnengewebe, wie es in dem ganzen unverknöcherten Theil vorkommt. Hier fällt selbst der Schein fort, als könne sich Knochen neu aufgelagert haben. Denn das in Knochen übergehende Gewebe war von vorn herein vorhanden. Es ist auch gar nicht abzusehen, warum unter den Bindesubstanzen die Schichtung gerade im Knochen durch Auflagerung zu Stande kommen soll, da man sie doch sonst auch im vorhandenen Gewebe hat entstehen lassen. H. Müller sagt: „Nicht die dem Knorpel oder der Sehne nächste, sondern die entfernteste Schicht ist die jüngste" des gebildeten Knochens und fügt hinzu: „Hiermit ist den theoretischen Auffassungen ein scharfes Merkmal als Prüfstein gegeben." Was es mit diesem Prüfstein auf sich hat, zeigen wieder die verknöchernden Sehnen. Wo soll dort im Umfange derselben die Verknöcherung, an der von der Sehne entferntesten Schicht fortschreiten, da ist ja nur fertiger Knochen? Hier kann sie nur an der Grenzlinie zwischen Knochen und Sehne fortrücken, denn hier allein ist Gewebe befindlich, welches in Knochen übergehen kann. Und ist denn die faserige lamellöse Knochensubstanz der Sehnen so wesentlich verschieden von dem Sehnengewebe selbst? Man darf sich nur vorstellen, dass die feinen Septa der tertiären Stränge schon in den gröberen vorgebildet sind, aber erst bei der Veränderung des Lichtbrechungsvermögens während der Ossification sichtbar werden; dass die um die Bindesubstanzkörper befindliche homogene Substanz gleichfalls in feinste Stränge zerfällt, hat vollends nichts Auffallendes.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Verknöchernder Knorpel in dem Umfang eines Gefässes vom unteren Ende der Diaphyse des Metatarsalknochens eines nicht ganz ausgetragenen Pferdeembryo.

Fig. 2. Ebensolcher etwas näher der Markhöhle entnommen mit deutlichen Glomerulis.

Fig. 3. Vollendetes Knochengewebe in der Umgebung eines Gefässes in noch grösserer Nähe der Markhöhle. Die abgebildeten Querschnitte sind von einem mit äusserst verdünnter Salzsäure und Chromsäure behandelten Knochen entnommen.

Fig. 4. Theil eines Querschnittes von einer mit verdünnter Salzsäure behandelten ossificirten Sehne eines Puter; die Knochensubstanz tritt im Umfang der Sehne auf, und feinste tertiäre Stränge zeigen sich mitten inne zwischen den groben.

Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Papillae fungiformes der Froschzunge.

Von

Dr. R. Hartmann.

(Hierzu Taf. XVII. und Taf. XVIII. Fig. 64—66.)

Die Endigungsweise der Nerven in den fungiformen Papillen der Froschzunge ist schon von Seiten verschiedener Beobachter zum Ziele einer Besprechung erwählt worden. Auch ich habe diesen Gegenstand einer eingehenden Bearbeitung unterworfen. Mein Untersuchungsmaterial bildeten frische, mit Humor aqueus (vom Hecht, Kalb und Kaninchen) und Liquor cerebrospinalis (vom Hecht u. s. w.) behandelte, sowie in Chromsäure (gr. ¼—⅛ in einer Unze Wasser) und in doppelt chromsaurem Kali (gr. IV. in einer Unze Wasser) aufbewahrte Zun-

gen gewöhnlicher Grasfrösche und der Laubfrösche. Die zur Beobachtung nöthigen, feinen Schnitte von frischen und wenige Stunden, ein, zwei, drei und mehr Tage, selbst einige Wochen lang, erhärteten Präparaten wurden theils mit einer Scheere, theils mit dem Rasirmesser gemacht und, nach Entfernung des Epithels durch feine Pinsel, mit Nadeln zerlegt.

Die Papillae fungiformes der Froschzunge sind, wie Hoyer ganz richtig beschrieben, etwas kolbenförmig; ihr breiteres freieres Ende bildet eine runde Fläche,[1]) welche letztere sich bei Behandlung mit Natronlauge ein wenig vertieft, während sich ihre Ränder zugleich etwas emporwölben. Die Papillen bestehen aus einem Substrat von undeutlich gestreiftem, scheinbar fibrillärem Bindegewebe, in welchem zahlreiche spindelförmige, zuweilen scheinbar sternförmige Bindesubstanzkörperchen, meist in Richtung der Längsaxe der Papille, eingelagert sind. An der äusseren, mit Epithel bekleideten Fläche der Papillen besitzt deren bindegewebiges Stroma eine sehr dünne, homogene Grenzschicht, welche sich als feiner, glasheller Saum bemerkbar macht. In dies Bindesubstanz-Stroma der Papillen nun dringen Muskelprimitivbündel bis zum Ende hin vor, theilen sich hier mehrfach und es lässt sich auch an deren feinsten Aesten die Querstreifung noch bis in die spitzigen Endigungen hinein verfolgen. Diese Muskelprimitivbündel haben ihre kernartigen Bildungen, die durch Zusatz von Essigsäure deutlicher hervortreten. Zufällig einmal befindet sich nun der oder jener feinste Theilungsast eines solchen Muskelprimitivbündels in der unmittelbaren Nähe eines dem Bindegewebe-Stroma (der Papille) angehörenden Bindesubstanzkörperchens. Oder es deckt eins oder das andere der letzteren den terminalen Theil des unterliegenden Muskelastes. Ferner kann es vorkommen, dass da, wo der Ausläufer des Theilungsastes eines Muskelprimitivbün-

1) Mikroskopische Untersuchungen über die Zunge des Frosches. Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1859, S. 488.

2) Ueber die Epithelzellen der Froschzunge, sowie über den Bau der Cylinder- und Flimmerepithelien und ihr Verhältniss zum Bindegewebe. Arch. f. Anatomie, Physiologie u. s. w. 1858, S. 163 Anm., auch „Deutsche Klinik", 1857, No. 21.

dels befindlich, auch zugleich eine spaltförmige Lücke im Bindegewebe-Stroma sichtbar wird, welche Lücke dann leicht für ein wesenhaftes Gebilde, für ein Bindegewebskörperchen, angesehen werden könnte. Ob an den Muskelprimitivbündeln eine Scheide, das lässt sich nicht wohl direct darthun, indessen kann man sich das kaum anders vorstellen. In der Peripherie jener Bündel zeigen sich kernartige Körper. Nun geschieht es, dass irgend einer der letzeren gerade noch am Ausläufer eines Theilungsastes befindlich. Dies Verhalten kann zu der Anschauung verleiten, als endigten, wie Billroth angegeben, die Muskelprimitivbündel „oft ziemlich plötzlich in sternförmigen Zellen mit grossem Kern und vielen, mit einander anastomosirenden Ausläufern."

Schon Hoyer hat (a. a. O. S. 494) vor einer solchen Ansicht gewarnt und hat angegeben, dass die „letzten Enden der Muskelfasern feinste, aus contractiler Substanz bestehende Aestchen und keineswegs feinste Sehnen seien" (das. S. 496). Billroth's Fig. 3. a. a. O. gewährt ein ganz gutes Abbild des von ihm unrichtig gedeuteten Verhaltens der Muskelfaserenden; siehe auch Hoyer's Figuren 1., 2., 3. u. Taf. XIV. l. c., vergl. auch ferner meine Figur 65., a'. Key bekennt sich zur Billroth'schen Anschauung und behauptet: Hoyer habe auf einigen Stellen seiner Figur 1 den Uebergang der Muskelfasern in Körper abgebildet, die in Aussehen und Feinheit ihrer Ausläufer mit den übrigen von ihm abgebildeten Bindegewebskörpern übereinstimmten, suche aber diese Beobachtung! (a. a. O. S. 335. Anm.) hinwegzuräsonniren. Auch ich räsonnire das, was Key hier eine Beobachtung nennt, was aber nur als irrige Anschauungsweise eines ganz anderen Verhaltens gelten kann, geradezu hinweg. Wie ich hoffe, wird meine oben gegebene Erklärung dieses Sachverhaltes genügend sein zur Aufhellung der darin von Huxley, Billroth und Key begangenen Irrthümer, sowie zur Bestätigung der Hoyer'schen Angaben. Ausser den Muskelprimitivbündeln enthält jede Papilla fungiformis der Froschzunge ferner Capillargefässe, welche Schlingen, auch gar kleine im Papillenende befindliche

Kränze bildend, wieder abwärts steigen (Fig. 65, b), endlich noch Nervenstämmchen.

Die freie Fläche dieser Papillen ist mit einem einschichtigen Cylinderepithel überzogen. Dies sehr zarte Epithel unterliegt häufigen und tiefgreifenden Veränderungen in chemischen Agentien, z. B. in den von uns zum Oefteren benutzten Erhärtungsflüssigkeiten, dem doppeltchromsauren Kali und der Chromsäure. Es ist zum Verständniss des Verhaltens der Nervenäste in den Papillae fungiformes dringend erforderlich, zunächst die natürliche Beschaffenheit des von frischen Zungen abgelösten, mit Humor aqueus oder Liquor cerebrospinalis behandelten Epithels und die hauptsächlichsten Veränderungen desselben in chemischen Agentien kennen zu lernen und sollen uns daher diese Dinge zunächst beschäftigen.

Die Elemente, welche das in Rede stehende, sich über die genannten Papillentheile ausdehnende Epithel zusammensetzen, sind Cylinderzellen mit dünnerem centralen und dickerem peripherischen Ende.[1]) Das centrale Ende dieser Zellen befindet sich unmittelbar auf der homogenen Grenzschicht des Papillen-Stromas. Das Epithel ist hier, sowie in der Luftröhre und auf den Darmzotten des Menschen und der Säugethiere, ein einschichtiges, nicht in mehreren Schichten übereinander gelagert. Ein Ineinandergehen der centralen Enden der Cylinderzellen mit „Fasern des Bindegewebes", wie sich dies einige Histologen stattfindend gedacht, existirt nicht, vielmehr sind Epithelzellen und Bindegewebe-Stroma scharf von einander abgegrenzt. An erhärteten Präparaten kommt es vor, dass verschrumpfte Centralenden einzelner Zellen ziemlich fest an der ebenfalls verschrumpften, gekräuselten Oberfläche der Papillen haften (Fig. 64. a.); aber nur ein ungeübter Beobachter würde hieraus schliessen, dass ein Uebergang der Zellenenden in fibrilläre Bindesubstanzelemente stattfinde. An jeder der Cylinderzellen haben wir eine Membran aufzunehmen,

1) Unter „centralem Ende" der Cylinderzellen verstehe ich das dem Papillen-Stroma unmittelbar aufsitzende, unter „peripherischem" das freie Ende derselben.

wenn auch deren directe Darstellung nicht ausführbar, ferner einen zähflüssigen, körnigen Inhalt und einen, im Vergleich zum Inhalt, stark lichtbrechenden Kern mit ein, zwei, zuweilen auch mehreren Kernkörperchen. An denjenigen Zellen, welche die Seiten der Papille und den Rand ihres Endes bekleiden, zeigt sich der bekannte hyaline Grenzsaum, über welchen viele Cilien hervortreten. Dass dies wirklich Cilien, erkennt man am charakteristischen Spiel dieser Gebilde bei frischen Präparaten. Die Wimpern erhalten sich noch längere Zeit in einer Solut. Kali bichrom. von oben angegebenem Concentrationsgrade gar vortrefflich.

Die Wimperzellen der Papillae fungiformes sind in genannten Aufbewahrungsflüssigkeiten ungemein zahlreichen und höchst mannichfaltigen Veränderungen unterworfen. Der mir zugemessene Raum gestattet nur einige augenfälligere dieser Veränderungen hier vorzuführen. Schon Hoyer hat Mancherlei darüber mitgetheilt, ich selbst habe mich schon früher[1]) in Kürze darüber geäussert; dennoch will ich hier noch Mehreres anführen, was Licht in diesen Gegenstand bringen kann, der an verschiedener Stelle immer wieder von Neuem falsche Deutungen erfährt. Unter Einwirkung der Chromsäure oder des doppelt chromsaurem Kali z. B. bläht sich die Membran der Cylinderzellen häufig dergestalt auf, dass ihr im normalen Zustande leicht verschmälertes Centralende sich weitet, im Durchmesser demjenigen des von Hause aus etwas verbreiterten peripherischen Endes gleichkommt (Fig. 9.). Dies findet seinen Grund in einer gewissen Dehnsamkeit der Zellenmembran. In solchem Fall rutscht der ursprünglich etwa in Mitten (etwas tiefer als die Mitte) des Zellkörpers gelegene Kern nicht selten herab und findet Platz in dem erweiterten Centralende der Zelle. (Dieselbe Figur.) Die Zelle kann alsdann zu einem vollkommenen Cylinder werden; öfters aber schrumpft sie in der Mitte ein, während ihr Kern im erweiterten Centralende

1) Die Endigungsweise der Gehörnerven im Labyrinth der Knochenfische. Archiv für Anatomie u. s. w. Jahrg. 1862, S. 520.

bleibt. Der körnige Zelleninhalt verändert sich vielfach; er wird in diesem und jenem Theil der Zellenhöhle mehr zusammengedrängt, zeigt hier Blasen, Lacunen (Fig. 41.); oft entweicht er aus der Zelle, wie man anzunehmen genöthigt, durch Risse der Membran (Fig. 7. a.), die sich als solche hin und wieder an zerfetzten Stellen in der Zellenperipherie zu documentiren scheinen (Fig. 33. 34.). Das Centralende dieser bewimperten Cylinderzellen erleidet ferner noch andere Veränderungen. Dasselbe schrumpft in der Aufbewahrungsflüssigkeit (es ist dabei hier immer von der S. 625. angeführten die Rede) oft so bedeutend ein, dass anscheinend nichts weiter davon zurückbleibt, als ein sehr dünner Faden (Fig. 1., 28.). Rollt man ein solches Präparat unter Verschiebung des Deckgläschens, so sieht man zuweilen, dass die Zellenwände am Centralende glatt zusammengefallen, wie die Wände einer leeren Düte, und dass sie in der Kantenansicht als Fäden erschienen sind. Oft aber ist der Zelleninhalt am Centralende entweder gänzlich herausgedrückt oder verdrückt, nach dem peripherischen Theil der Zelle hingedrängt und dann ist das Centralende fast zur Dünne eines Fadens eingeschrumpft. Dieser scheinbare Faden beginnt bald mehr, bald weniger dicht unterhalb des Kernes. Bei stärkerer Vergrösserung (350—400) aufmerksam betrachtet, erkennt man an den fadendünn gewordenen Zellenenden gewöhnlich eine zarte Faltung der eingeschrumpften Membran (Fig. 1., 11.). Solche Faltung lässt sich durch Drehen, Drükken und Zerren des Präparates bisweilen wieder ausgleichen, wobei es denn auch gelingt, den gewaltig verkleinerten Durchmesser des Zellenendes dann und wann wieder zu vergrössern. Letzteren Vorgang kann man sich durch Zusatz einer verdünnten Natronlauge erleichtern. Selten sind die Falten, das Erzeugniss der Schrumpfung, an den verdünnten Enden, nicht deutlich, dagegen sieht man aber auch das verschrumpfte Zellenende niemals so völlig glatt, so gerade verlaufend, dass eine künstliche Entstehung der fadenförmigen Verdünnung dennoch in Zweifel kommen könnte. Vielmehr sind Unregelmässigkeiten des Dickendurchmessers, Verengungen mit Auftreibungen abwechselnd, Knickungen und Drehungen am Centralende fast

einer jeden derartig veränderten Zelle sichtbar. (Vergl. meine Figuren.) Von pfropfenzieherförmigen Drehungen und von mit Verengungen abwechselnden Auftreibungen des verschrumpften Centralendes der Zellen rühren dann aber auch die scheinbaren Varicositäten her, welche man an mehreren von mir abgebildeten Wimperzellen sieht (Fig. 14–24). Besonders in den letzteren Kunsterzeugnissen darf man keine normalen Bildungen anerkennen.

Zuweilen zeigt das künstlich verschmälerte Centralende dieser oder jener Wimperzelle an der äussersten Spitze eine Verbreiterung. (Fig. 4.) Entweder ist hier das Centralende an der Spitze nicht geschrumpft, während dies weiter nach der Mitte zu vor sich gegangen, oder auch, es ist die Verbreiterung durch Rollen unter dem Deckgläschen, durch stellenweise Ausgleichung der Falten, hervorgebracht worden. Solche Endverbreiterung habe ich hier und da durch methodische Quetschung mittelst des Deckgläschen erzeugt. Ganz ähnliche Gebilde lassen sich an den sogenannten „Riechzellen" der Nasenschleimhaut hervorrufen. Vermöge einer Zerrung und eines Druckes bei der Präparation (auch bei sorgfältiger) erleiden die Centralenden der Zellen unschwer Risse und Zerfetzungen. (Fig. 2., 29.—34.) Recht instructive Bilder habe ich mir an in Kali bichrom. erhärteten, mit Karmin gefärbten Präparaten verschafft. Mittelst vorsichtigen Abpinselns gelang es mir, ganze Zellgruppen im Zusammenhang vom Substrat zu lösen; dann zeigten deren geschrumpfte Enden alle möglichen Formen nebeneinander; dieselben erschienen fadenförmig, varicös, an der Spitze verbreitert, völlig cylinderförmig u. s. w. Das Karmin liess die Kerne, die künstlichen Varicositäten und andere aufgetriebene Stellen schön hervortreten. Bei so abgelösten Zellgruppen ereignet es sich sehr leicht, dass die zur Fadendünne verschrumpften Centralenden einiger oder mehrerer Zellen zufällig aneinanderkleben, besonders wenn die Enden an den äussersten Spitzen zerfetzt sind. (S. 639.) Dann gewinnt es bei oberflächlicher Untersuchung den Anschein, als wären diese Zellen mit untereinander anastomosirenden Ausläufern versehen. Haben nun die Zellenenden künstliche

Varicositäten, so decken gerade diese einander beim Zusammenkleben dergestalt, dass man wirklich im ersten Augenblick glauben könnte, da sei eine Verwachsung. Auch ist es nicht immer leicht, ja nicht selten ist es sogar unmöglich, die Grenzen der zarten, gefalteten und innig aneinanderklebenden, oft so sehr zerrissenen Zellenwände zu unterscheiden (Fig. 38. a., 39 a.). Man kann aber solche Verklebungen entstehen sehen; einmal in sorgfältig abgelösten Zellgruppen, an welchen die künstlich verschmälerten Enden mancher Zellen aneinanderkommen und aneinander haften bleiben oder auch, wenn einige isolirte Zellen auf dem Objektträger beim Verrücken desselben unter dem Mikroskoprohr, sowie bei der durch Verdunstung erzeugten Bewegung, gegen einander geschwemmt werden und nun weiterhin zusammenhängen bleiben.

Die centralen Enden der Zellen erleiden übrigens nicht nur leicht Quetschungen und unbedeutende Zerreissungen (S. 629.), sondern diese Zerreissungen gehen oft auch tiefer in den Zellkörper hinein; man sieht zwei-, drei-, vier- und mehrfache künstliche Theilungen des Zellenendes. An manchen Stellen zeigt sich alsdann die Membran zerstört und die Zerfetzung erstreckt sich auch auf den festergewordenen Inhalt. An letzterem kann die Membran noch anhaften; aber auch wenn dieselbe theilweise vernichtet, so können die Risse am Inhalt dennoch bemerkbar bleiben. Dagegen existiren Zellen mit normaler Bildung zweier und mehrerer langer Fortsätze an den breiten Papillen der Froschzunge nicht. Schon Hoyer hat, völlig mit Recht, darauf aufmerksam gemacht, dass hier öfters Zellen mit ihrem mittleren Theil aneinanderhingen, sich dort deckten, während die oberen und unteren Enden seitlich hervorragten und so als eine oben und unten gespaltene Zelle erschienen. Beim Rollen des Deckgläschens könne man die Täuschung nachweisen (a. a. O. S. 512.). Oefters hängen nun gerade die peripherischen Enden der Zellen fest aneinander, decken sich, dann ragen ihre verschrumpften Centralenden gleich zweien Fortsätzen eines und desselben Zellkörpers hervor. (Fig. 26., 27.) Man muss in solchen Fäl-

len durch Rollen unter dem Deckgläschen, wie das ja Hoyer angegeben, die Quelle der Täuschung aufzufinden suchen.

Auch das peripherische Ende der wimpertragenden Cylinderzellen schrumpft zusammen, wenngleich im Allgemeinen seltener, als das centrale. Die durch den hellen Saum angedeutete, festere Beschaffenheit des wimpertragenden Endes verleiht der Zelle in letzterem mehr Widerstandsfähigkeit gegen die destructiven Einflüsse der chemischen Agentien, als sie das an sich zartere Centralende besitzt. Nicht selten stellten sich mir Fälle dar, in denen die oberhalb des Kernes befindliche Partie des Zellkörpers eingeschrumpft war (Fig. 41.), während der Wimpersaum sich nebst seinen Cilien in der Integrität erhalten hatte. Indessen schrumpft doch auch das ganze Centralende sammt Wimpern mehr oder weniger ein (Figuren 40—50.). Noch häufiger wie dies, sieht man eine gleichzeitige Zusammenschrumpfung beider Enden, des centralen sowohl wie auch des peripherischen (Fig. 44.—50.). Dann legen sich einmal die Cilien eng zusammen und bilden nur einen sehr dünnen, spitz kegelförmigen Aufsatz des Wimpersaumes (Fig. 50. a.). Zerfetzung aber des peripherischen Endes habe ich an den wimpertragenden Zellen höchst selten beobachtet.

Das freie Ende der breiten Papillen trägt eng an einander gereihte, nicht wimpernde Cylinderzellen. Diese sind an ihrem Centralende etwas mehr verschmälert, als die bewimperten der Papillenseiten, es fehlt ihnen jener bekannte homogene peripherische Saum, wie solcher z. B. die Zellen der Darmzotten auszeichnet. Auch diese Cylinderzellen erliegen in den Aufbewahrungsflüssigkeiten durchaus ähnlichen Veränderungen wie die bewimperten und absichtlich habe ich mich mit den künstlichen Verbildungen der letzteren so lange aufgehalten. An jenen Zellen sehen wir fadenförmige Verschrumpfung, Zerfetzung, Varicosität des Centralendes (Fig. 55.—57.), theilweises Heraustreten des Inhaltes (Fig. 63. a.), ferner Schrumpfung des peripherischen Endes allein oder beider Enden gleichzeitig, eintreten (Fig. 52., 58.—62.). Die zerfetzten Centralenden kleben, ganz wie die der bewimperten Zellen, öfters fest

aneinander (Fig. 51.) und bilden scheinbare Anastomosen. Key behauptet: dies nicht bewimperte Epithel bestehe aus Elementen von zweierlei Art, nämlich aus modificirten Epithelzellen und dazwischen eingelagerten, eigenthümlichen cellulären Bildungen, welche letzteren nervöse Endbildungen seien. Die modificirten Epithelzellen ständen in einfacher Lage (das ist ja aber mit allen Cylinderzellen der Papillen der Fall), und bestünden aus cylindrischen Zellkörpern, die fast in gleicher Höhe in verschmälerte Fortsätze übergingen. Diese Fortsätze verästelten sich in mehrere Zweige, die mit einander anastomosirten, hier und da deutliche Kerne enthielten und über der ganzen Oberfläche des Substrates ein Netzwerk bildeten (S. 338., 339., Fig. 9.). Was die Anastomosen dieser „modificirten Epithelialzellen" (was heisst denn das eigentlich?) Key's betrifft, so verweise ich hinsichtlich deren künstlicher Erzeugung auf das vorhin Gesagte. Die „Kerne" in den angeblichen Anastomosen, welche Key gesehen haben will und welche er in seiner Figur 9, bei a., abbildet, lassen sich in folgender Weise aufklären: Viele der Zellen zeigen in ihrem Centralende unter Einwirkung der Chromsäure oder des Kali bichromicum lichte Stellen, entstanden durch Contraction des körnigen Zelleninhaltes und durch Lichtwerden blasenartig erscheinender Stellen. Theils in den so gebildeten, lichteren Stellen, theils in verbreiterten, dunkler aussehenden Deckungspuncten der zerfetzten, mit einander zusammenklebenden Centralenden hat man Key's Kerne der Anastomosen zu suchen. Der schwedische Beobachter giebt ferner an, dass zwischen den Fortsätzen der Epithelialzellen in verschiedener Höhe eine Menge von eigenthümlichen cellulären Bildungen liegen sollen, die in der Form wie im Aussehen und in ihren Verhältnissen zu Reagentien mit den Riechzellen in der Regio olfactoria und mit den Hörzellen in den Ampullen übereinstimmen. Sie sollen aus einem rundlichen oder mehr elliptischen Zellkörper mit einem peripherischen und einem centralen Ausläufer bestehen. Solche Bildungen, die Key in seinen Figuren in Menge abbildet, sind eben weiter gar Nichts, als künstlich veränderte, verschrumpfte Cylinderzellen (vergl. S. 633.); sehr natürlich wech-

seln solche öfters mit weniger stark veränderten, mehr normal gebliebenen, ab. Niemals aber habe ich dieses Abwechseln so regelmässig gefunden, als es Key in seinen Figuren 2., 3., 4. und 5. darstellt, wo, neben jeder „modificirten Epithelzelle", auch ja eine von den sogenannten „Nervenendbildungen" liegt.

Zur Annahme eines regelmässigen Abwechselns zwischen den „modificirten Epithelzellen" und den zuletzt erwähnten „Nervenendbildungen" scheint Key auch noch durch folgende Erscheinung verführt worden zu sein. Wie er selbst sagt, besitzen die „modificirten Epithelzellen" nicht einen breiten, hellen Begrenzungssaum, sondern scheinen nur von einer äusserst dünnen Membran abgegrenzt zu sein, wenn überhaupt irgend eine Membran vorhanden ist. Nach Behandlung mit Chromsäurelösungen scheine das obere Ende oft wie zusammengefallen, als ob der obere Theil des Zelleninhaltes herausgetreten wäre (S. 339). Der peripherische Endsaum dieser Zellen des Papillenendes zeigt sich allerdings sehr zart, das ergeben auch meine Beobachtungen (S. 633.). Nun decken sich aber die Seitenwände je zweier nebeneinanderbefindlicher Zellen so, dass die sich deckenden Wände als dunklere, schärfer contourirte Linien bemerkbar werden und das Bild ganz besonderer, stäbchenförmiger Bildungen vorzaubern. Nur so kann man sich's erklären, wie Key dazu gekommen, seine Figuren 2. a., 3. a., 4. a., 5. a. u. s. w. zu zeichnen.

An den beschriebenen Cylinderzellen des Papillenendes ist ein homogener Begrenzungssaum wirklich nicht zu sehen, das zarte peripherische Ende derselben ist destructiven Einwirkungen der Aufbewahrungsflüssigkeiten fast in gleichem Grade ausgesetzt, wie das centrale. Daher erhalten wir hier verhältnissmässig weit zahlreichere, künstlich veränderte Zellen mit verdünntem peripherischen und verdünntem Centralende, als es bei den wimpertragenden Zellen der Fall, an denen sich, wie auf S. 632. hervorgehoben worden, das Centralende noch öfter verdünnt, als das peripherische. In den mit künstlich verändertem, eingeschrumpftem Central- wie peripherischem Ende versehenen Cylinderzellen finden wir die „Stäbchenfortsätze" tragenden „Geschmackszellen" wieder, von denen Key, als

eingelagert zwischen die „modificirten Epithelialzellen", spricht und deren er in seinen Figuren 2., 3., 4., 5., 7., 10. auch mehrere abbildet. Borstenartige Fortsätze, wie sie Key in Fig. 7. b., und in 11. a., d. und e. darstellt, existiren in Natura nicht. Diese scheinbaren Borsten sind nun einmal Trugbilde, erzeugt durch starkes Einschrumpfen des peripherischen Endes nicht bewimperter oder bewimperter Zellen. An letzteren legen sich, wie auf S. 633. angedeutet worden, bei stark geschrumpftem Ende die Wimpern oft so zusammen, dass sie nur einen einzigen spitzkegelförmigen Fortsatz darzustellen scheinen, der wohl mit einer Borste verwechselt werden könnte (Fig. 50.). Da aber am Rande des freien Endes der Papille nicht bewimperte und bewimperte Zellen dicht nebeneinander vorkommen, so wird es schwer, dieselben beim Abpräpariren genau zu sondern und können leicht Exemplare einer Art zwischen diejenigen der andern Art sich zufällig mischen.

Key führt weiter an, dass an der Obetfläche des Epithels von den Epithelialzellenenden der stäbchenförmigen Fortsätze ein Mosaik gebildet werde, welches besonders nach Behandlung mit Kali bichromicum und verdünnter Natronlauge gesehen werden könne. Die Enden der Stäbchenfortsätze treten da zwischen den sechseckigen oder nach Quellung mehr rundlichen Zellenenden als sehr kleine Ringe hervor. Betrachte man die Oberfläche schräg, so könne man oft von diesen Enden die Fäden selbst länger oder kürzer einwärts verfolgen. Sie ständen zerstreut in einfachen Reihen zwischen den Zellen, nur hier und da in kleinen Gruppen zusammen, und in der Mitte etwas dichter als an der Peripherie (Fig. 6. bei Key).

Betrachtet man nun eine frische, oder in Kali bichromicum erhärtete, mit zehnprocentiger Natronlauge behandelte Papille von ihrer Fläche am freien Ende dergestalt, dass die dies freie Ende bekleidenden Cylinderzellen im optischen Querschnitt erscheinen, so sieht man hier freilich eine Mosaik, gebildet von polyedrischen, am peripherischen Endtheil etwas gewölbten Zellen. Innerhalb eines jeden Polyeders schimmern der Zellkern und die körnige Inhaltsmasse hindurch. Die Enden dieser Zellen weichen öfters von einander, besonders an in Kali

bichromicum erhärteten Präparaten, wo die einschrumpfenden Zellen auseinanderrücken oder auch in Folge der durch Natronlauge hervorgerufenen Quellung, selbst bei ganz frischen Zungen. Vermehrt wird dies Auseinanderweichen durch den vom Deckgläschen ausgeübten Druck. Nun könnte man sich dazu verführen lassen, in den so entstehenden Lücken, deren Begrenzungslinien sich mit Beihülfe der Phantasie leicht als „ringförmig" darstellen, optische Querschnitte des Endes von Stäbchenfortsätzen zu suchen. Ferner decken sich die Seitenwände der Zellen im optischen Querschnitt, mehr freilich noch im optischen Schrägschnitt und oft zwar so, dass man, wollte man durchaus, einzelne Stellen daran wiederum für optische Querschnitte von Stäbchenfortsätzen zu halten sich versucht fühlen könnte. Ferner verursachen die durch die Lücken der auseinanderweichenden Zellen sichtbaren kernartigen Zellkörper a) auch freiliegende Kerne und deren Kernkörperchen; und b) grössere Körnchen im Zelleninhalt (diese besonders bei nicht ganz reinen, sich vielmehr schon dem optischen Schrägschnitt nähernden, optischen Querschnitten); c) die seitlichen Begrenzungslinien der hinteren, mehr dem Rande des Papillenendes genäherten, im optischen Schräg- und Längsschnitt erscheinenden Zellen, eine Täuschung von optischen Querschnitten stäbchenförmiger Zellenfortsätze. Die unter c. aufgeführten seitlichen Linien sind es auch, welche das Aussehen verleihen, als liessen sich von den Enden der Stäbchenfortsätze die Fäden selbst länger oder kürzer nach einwärts verfolgen. Man vergleiche mit Key's Fig. 6. die meinigen unter 64. und 66. Hoffentlich werden die letzteren genügen, die von mir vertretene Erklärung des Sachverhaltes stricte zu veranschaulichen. Schrumpfen aber die Enden der das freie Ende der Papille bekleidenden, nicht wimpernden Zellen erheblich zusammen, so erhält man da optische Querschnitte künstlich erzeugter Stäbchenfortsätze. Durch Aufquellung in zehnprocentiger Natronlauge lässt sich alsdann wieder ein Mosaik von dichter aneinanderhängenden Zellen hervorrufen, indem die Schrumpfung in Folge dessen nachlässt.

Key sagt auf S. 342: dass zwei Abtheilungen im Epithel

(des freien Endes der Papille) gebildet würden, nämlich eine oberflächliche, worin die Körper der Epithelialzellen und die Stäbchenfortsätze der „Faserzellen“ (d. i. der Nervenendbildungen) ständen, und eine innere, worin die Ausläufer der Epithelialzellen und die Zellkörper der „varicösen Faserzellen“ sich befänden. In der inneren Schicht lägen die Elemente in einer feinen Zwischensubstanz eingebettet, welche nach Einwirkung von dünnen Chromsäurelösungen ein feinkörniges Aussehen mit helleren, sich vielfach verzweigenden und mit einander sich verbindenden Fäden zeigte (Fig. 7. u. 8. bei Key). Das Epithel ist aber nur einschichtig, wie das bereits auf S. 628 mitgetheilt worden. Die spindelförmigen „Subepithelialzellen“ Key's, Fig. 2. und 3. bei c, welche nach Abpinselung des wimpertragenden Kranzepithels zurückbleiben sollen (S. 338. 348), sind verschrumpfte, dem Substrat anklebende Zellen, sowohl wimpernde als auch nicht wimpernde (Fig. 65. a). Was nun die erwähnte, körnige Zwischensubstanz betrifft, von welcher Key S. 342 spricht, so ist auch diese ein Trugbilde. Letzteres entsteht dadurch, dass gerade an Chromsäurepräparaten zwischen künstlich verdünnten, eingeschrumpften Centralenden der noch auf ihrem Substrat haftenden Zellen die Centralenden der zunächst hinterliegenden Zellenreihen mit ihrem Inhalt hindurchschimmern. Die „helleren Fasern aber, welche sich vielfach verzweigen und mit einander sich verbinden“, sind, bei losgelösten Zellgruppen, eines Theils die schon erörterten künstlichen Anastomosen, anderen Theils sind es, dies besonders, wenn das Epithel noch seinem Substrat aufsitzt, lichtere, durch Contraction des Inhaltes entstandene Stellen in den Centralenden der hinteren Zellreihen, welche dann die Trugbilder von hellen Fasern u. dgl. vorspiegeln. Endlich kann sich körniger Inhalt zerstörter Zellen zwischen die Centralenden der mehr sich erhaltenden ablagern. Einzelne Zellen werden bald durch die in Anwendung kommenden chemischen Agentien, bald durch oft selbst wenig eingreifende Manipulationen, immer ganz wundersam zerstört und zerfetzt; es entstehen dann, nach Austritt des Inhaltes, jene vielgestaltigen, häufig scheinbar sternförmigen Kunstgebilde,

von denen ich unter Fig. 34—36. einige abgebildet. Sie erinnern an Billroth's Figuren unter No. 12., von Zellen des oberen Theiles der breiten Froschzungenpapillen.

Einem jeden Forscher, welcher sich mit dem hier abgehandelten Gegenstande beschäftigen will, ist anzurathen, ausser frischen Papillen noch besonders Präparate, in doppeltchromsaurem Kali nicht zu lange erhärtet, zu beobachten. An ersteren hauptsächlich die Zellen im scheinbaren Querschnitt, unter Zusatz von Natronlauge und, nach Entfernung des Epithels, zum Studium des Verhaltens der Nerven. An frischen Epithelien wird man mit Geduld manches sehen, was zur Erkenntniss ihres Baues führt, ihre einfache Lagerung und das gänzliche Fehlen von Borsten, Stäbchen u. dgl. Bildungen. Sodann ist es dringend nöthig, sich von der verändernden Einwirkung des doppeltchromsauren Kali's zu unterrichten und zwar durch methodische Beobachtung. Ich selbst habe mir die Mühe gegeben, mehrere Wochen lang die Agentien eine, zwei, drei, fünf, sechs und mehr Stunden, ja mehrere Tage und Wochen lang auf die Froschzungen wirken zu lassen, und sehe mich dadurch in den Stand gesetzt, das als künstliches Product zu erkennen, was Andere, jeder besseren Erklärung zum Trotz, noch immer als normale Bildung gelten lassen wollen. Endlich ist es nöthig, naturgetreuere, weniger schematische Figuren dieser leicht veränderlichen Gegenstände vorzuführen, als sie z. B. Key seiner Arbeit angefügt. Ich weiss sehr wohl, dass die Zeichnenkunst in dieser Beziehung nur Ungenügendes zu leisten vermag und dass selbst bessere Zeichnungen hinter den wirklichen Bildern weit zurückbleiben, dass sie selbst durch die Hand des Kupferstechers oder Lithographen nicht zu ihrem Vortheil verändert zu werden pflegen. Auch möchte ich gerade meine bildlichen Darstellungen der Froschpapillen und deren Epithelien keineswegs als Muster aufstellen, dennoch aber glaube ich, dass man mit Recht gegen die Zulässigkeit solcher Chablonenfiguren, wie diejenigen von Key, im Namen der Wissenschaft Einsprache erheben müsse.

(Schluss folgt.)

Ueber das Gesetz des Muskelstromes, mit besonderer Berücksichtigung des M. gastroknemius des Frosches.

Von

E. DU BOIS-REYMOND.

(Schluss.)

Zweite Abtheilung.

Vom Strom des querdurchschnittenen M. gastroknemius des Frosches.

§. X.

Die Abweichungen vom gesetzlichen elektromotorischen Verhalten, die der querdurchschnittene Gastroknemius zeigt, beruhen gleichfalls auf den Eigenthümlichkeiten seines Baues, und nicht, wie Herr Budge will, auf einem im Muskel aufsteigenden, von Längs- und Querschnitt unabhängigen Strom.

Am unversehrten Gastroknemius bleibt nach dem Vorigen keine nennenswerthe Schwierigkeit zurück. Hrn. Budge's auf Beobachtungen daran gestützter Angriff auf das Gesetz des Muskelstromes beruhte auf groben Missverständnissen, und die neuen von uns entdeckten Ströme, die beim ersten Blick ausserhalb dieses Gesetzes zu stehen schienen, sind ebenfalls darauf zurückgeführt. Herr Budge hat aber auch Versuche am querdurchschnittenen Gastroknemius angestellt, und glaubt auch hier zu Ergebnissen gelangt zu sein, die mit meinem Gesetz unverträglich sind.

1. Lege man am Gastroknemius zwei Querschnitte an, so

erhalte man zwischen beliebigen Puncten derselben stets einen im Muskel aufsteigenden Strom.

2. Durch drei Querschnitte, deren mittlerer die Axe des Muskels hälftet, (nach Hrn. Budge's verkehrter Anschauung im Aequator liegt), stellt man aus dem Gastroknemius zwei gleich lange Stücke dar, die an beiden Enden durch künstlichen Querschnitt begrenzt sind. An jedem dieser Stücke sei der Strom vom (angeblichen) Längsschnitt zum unteren Querschnitt stärker als der zum oberen, ja der letztere Strom habe an der oberen Hälfte in der Regel, und an der unteren auch zuweilen, die umgekehrte Richtung, d. h. der künstliche Querschnitt verhalte sich positiv gegen den Längsschnitt.

3. Verbinde man einen höher gelegenen Querschnitt mit einem tiefer gelegenen Puncte des (angeblichen) Längsschnittes, so erfolge nicht stets, wie das Gesetz es verlange, ein absteigender Strom, sondern wenn man nur ein kleines Stück am Kopf abgeschnitten habe, sei der Strom acht Mal unter zehn aufsteigend, mache man den Querschnitt tiefer, so sei er zwar häufig absteigend, wenn aber der künstliche Querschnitt nicht mehr ganz frisch sei, erhalte der aufsteigende Strom das Uebergewicht. Durch Anfrischen des künstlichen Querschnittes trete vorübergehend wieder der absteigende Strom hervor[1]).

Wie man nach dem Eingangs Gesagten (s. oben S. 521. 522) erräth, erklärt Hr. Budge diese Versuche durch die Annahme, dass sich zu dem durch das Gesetz des Muskelstromes vorgesehenen Strom vom Längs- zum Querschnitt, den er den „künstlichen" nennt, ein in dem Muskel aufsteigender Strom, der „natürliche" Muskelstrom (Hrn. Matteucci's Courant propre), algebraisch hinzufüge. Der letztere Strom sei (Hr. Budge vergisst zu sagen, bei gleichem, oder nicht rascher als die elektromotorische Kraft wachsendem Widerstande des Kreises) um so stärker, je weiter aus einander gelegene Puncte des Muskels in's Spiel kommen. Das abwechselnde Ueberwiegen des „natürlichen" und des „künstlichen" Muskelstromes im letzten Versuch aber stellt sich Hr. Budge offenbar so vor, dass

1) Erste vorläufige Mittheilung. A. a. O. S. 208. 209.

der künstliche Querschnitt mit der Zeit weniger negativ und durch das Anfrischen wieder negativer werde.

Bringen wir also zuerst ein durch zwei senkrecht auf die Muskelaxe geführte Schnitte (*ss'*, *σσ'* Fig. 4. Taf. XIV.) begrenztes Stück des Gastroknemius mit diesen Schnitten zwischen die Thonschilder der Zuleitungsgefässe. Hr. Budge hat Recht, und ich wusste es längst, es erfolgt in diesem Falle meist ein ziemlich starker aufsteigender Strom. Um aber daraus den Schluss zu ziehen, den Hr. Budge zog, oder um statt dessen den Erfolg zu erwarten, dem er entgegensah, — dazu gehört die Naivetät, von der er uns schon mehrere Proben gegeben hat. Wie Hr. Budge den Umfang des Gastroknemius ohne Weiteres für Längsschnitt nimmt, so nimmt er hier, unbesehen, den quer durch den Muskel geführten Schnitt für Querschnitt. Wie aber dort der angebliche Längsschnitt in Wirklichkeit Querschnitt ist, so wird sich jetzt zeigen, dass gelegentlich auch scheinbarer Querschnitt Längsschnitt sein kann. Auch hier hätte Hr. Budge mit nur wenig Achtsamkeit leicht schon in bekannten Grundsätzen die Erklärung seiner vermeintlichen Entdeckungen gefunden.

Zunächst hat Hr. Budge völlig den oben S. 560 u. S. 586 besprochenen Umstand übersehen, dass ein schräger Querschnitt sich positiv gegen einen senkrechten verhält. Prüft man genauer den oberen Querschnitt unseres Präparates, so findet man, dass die Fasern daran schräg zerschnitten sind. Hingegen an dem unteren Querschnitt sind sie vergleichsweise senkrecht zerschnitten. Dies ist die natürliche Folge davon, dass die Fasern um so steiler verlaufen, von je tieferen Puncten der sehnigen Scheidewand sie entspringen (s. Fig. 4.). Wäre dies nicht der Fall, so würden die untersten Fasern an der Tibialfläche unter dem doppelten Winkel von dem divergiren, unter welchem die oberen Fasern beiderseits an die sehnige Scheidewand stossen, und der Muskel würde in der Tibialfläche unten schwalbenschwanzförmig auslaufen. Die Gesammtheit der untersten Fasern würde einen Raum einschliessen, vergleichbar einem durch die Tibialfläche in der Axe durchschnittenen Kegel. Da nun aber die Fasern unten zusammenschliessen, so müssen sie, wie auch der Au-

genschein lehrt, sich mehr und mehr der Senkrechten nähern. Also schon so wird verständlich, dass ein solches Präparat einen aufsteigenden Strom giebt, da der schräge obere Querschnitt sich positiv verhalten muss gegen den senkrechten unteren Querschnitt. Dass dieser Umstand wirklich von Belang ist, erhellt daraus, dass wenn man unten, gleichviel in welcher Richtung, den Querschnitt schräg anlegt, der aufsteigende Strom an Stärke abnimmt, bei grosser Schräge günstigen Falls sogar sich umkehrt.

Rückt man mit dem oberen Querschnitt ss' herab, so bleibt der Erfolg derselbe, und die Erklärung fährt zu gelten fort, da der obere Querschnitt stets der schrägere ist. Rückt man mit dem unteren Querschnitt oo' hinauf, so bleibt gleichfalls der Erfolg derselbe, d. h. man erhält noch stets einen aufsteigenden Strom, da aber innerhalb des dicksten Theiles des Muskels die Richtung der Bündel sich nicht merklich ändert, so kommt ein Punct, wo unsere Erklärung ihre Grundlage einzubüssen scheint. Bei einiger Aufmerksamkeit ergiebt sich aber auch jetzt noch ein Grund für den aufsteigenden Strom, selbst wenn man nur den gewöhnlichen Muskelstrom berücksichtigt. Man mag nämlich ein solches, durch zwei auf die Muskelaxe senkrechte Querschnitte begrenztes Gastroknemius-Präparat noch so sorgfältig mit dem schärfsten Rasirmesser anfertigen, stets nimmt es mehr oder weniger die Beschaffenheit an, die aus Fig. 8. erhellt, welche, wie schon oben S. 534 gesagt wurde, einen von vorn gesehenen Frontalschnitt des linken Gastroknemius vorstellt: An beiden Querschnitten findet sich in der Mitte in grösserer oder geringerer Ausdehnung reiner Längsschnitt, während er sich aber oben kegelförmig hervorwölbt, ist er unten dellenförmig eingezogen. Es liegt daher der obere Querschnitt dem Thonschilde vorzugsweise mit seiner positiven Mitte m', der untere mit seinem negativen Rande r, an, und so muss ein aufsteigender Strom entstehen (Bogen 1. in der Figur).

Die Richtigkeit dieser Erklärung ist leicht zu beweisen, indem man statt die Gesammtquerschnitte mittels der Thonschilder, einzelne Puncte derselben mittels der Thonspitzen

untersucht. Alsdann findet man den aufsteigenden Strom nur zwischen m' und $r_{,}$, zwischen $m_{,}$ und r' (Bogen 2.) dagegen steigt der Strom in dem Muskel abwärts. Hrn. Budge's Angabe, dass der Strom zwischen beliebigen Puncten beider Querschnitte stets aufsteige, ist einfach falsch.

Bei diesem Versuch zeigt sich noch ein Umstand, der unsere ganze Aufmerksamkeit verdient. Zwischen m' und $m_{,}$ und zwischen r' und $r_{,}$ sollte kein Strom entstehen, da die beiden ersten Puncte dem Längsschnitt, die beiden letzten gleich schrägem Querschnitt angehören. Dennoch findet man zwischen r' und $r_{,}$ regelmässig einen aufsteigenden, zwischen m' und $m_{,}$ nicht selten einen schwächeren absteigenden Strom (Bogen 3. und 4.). Der erstere Strom ist, wie ich kaum zu sagen brauche, der Neigungsstrom des Achillesspiegels und geht von dessen Grenzschicht aus. Er ist daher um so stärker, je weniger parelektronomisch der Achillesspiegel; und er wächst, wenn man, während die Thonspitzen r' und $r_{,}$ berühren, den Spiegel mit einer entwickelnden Flüssigkeit betupft. Der gelegentlich zwischen m' und $m_{,}$ absteigende Strom ist der Neigungsstrom der Scheidewand, und geht von deren Grenzschicht aus. Dass bei gleicher Parelektronomie dieser Strom sich hier leichter bemerklich macht als am unversehrten Muskel, rechtfertigt sich durch folgende Betrachtung. Die den absteigenden Neigungsstrom erzeugende Grenzschicht der Scheidewand ragt in Wirklichkeit kaum höher hinauf als der obere Rand des Achillesspiegels, weil die oberen Bündel fast senkrecht an die Scheidewand stossen (s. oben S. 605). Daraus folgt, dass die Hauptsehne, als fast gleich entfernt vom positiven oberen Rande der Grenzschicht des Achillesspiegels, und vom negativen oberen Rande der Grenzschicht der Scheidewand, sich neutral verhält unter Umständen, wo bei der gegenwärtigen Anordnung der Punct m' sich deutlich negativ zeigt. Die Ströme zwischen $m', m_{,}$; $r', r_{,}$ übertreffen leicht an Stärke, und überdauern namentlich, die beim ersten Blick allein berechtigten Ströme vom Längs- zum Querschnitt zwischen $m', r_{,}$; $m_{,}, r'$. Auch die Erklärung dieses Umstandes folgt leicht aus Fig. 8. Die durch-

schnittenen Bündel sterben schneller ab, so dass deren elektromotorische Wirkung gegen die der unversehrten Bündel zurücktritt. Die so geschwächten Bündel sind in der Figur durch eine dunklere Haltung ausgezeichnet. Während also der gewöhnliche Muskelstrom zwischen $m', r_,$; $m_,, r'$ bereits dem Erlöschen nahe ist, können zwischen $m', m_,$; $r', r_,$ die Neigungsströme noch in voller Stärke kreisen.

Werden statt einzelner Puncte der Gesammtquerschnitte diese selber abgeleitet, so versteht es sich, dass die Neigungsströme sich gleichfalls in das Ergebniss mischen. Man übersieht jetzt, auf wie verwickelte Art dies Ergebniss zu Stande kommt. Erstens ist im Allgemeinen der obere Querschnitt schräger als der untere. Zweitens drängt sich in der Mitte des oberen Querschnittes reiner Längsschnitt zur Berührung, während unten der mehr senkrechte Querschnitt des Randes vorspringt. Drittens bekämpfen einander der Neigungsstrom der Scheidewand und des Achillesspiegels. Unter den gewöhnlichen Umständen siegt der letztere, so dass der Strom zwischen den Gesammtquerschnitten schliesslich aus dreifachem Grunde aufsteigt.

Hat man stark parelektronomische Gastroknemien, an denen der Neigungsstrom des Achillesspiegels nicht mehr in merklicher Grösse aufsteigt, oder gar bereits absteigt, so wird der Erfolg zwischen den Gesammtquerschnitten unbeständig. Bald steigt zwischen den Gesammtquerschnitten der Strom, vermuthlich aus den beiden ersterwähnten Gründen, noch spurweise auf, selbst wenn er schon zwischen Haupt- und Achillessehne, und längs dem Achillesspiegel, absteigt; bald ist er dort abwärts gerichtet, selbst wenn er hier noch aufsteigt. Im letzteren Falle mag es der Neigungsstrom der Scheidewand sein, der sich geltend macht. Man findet von diesem Verhalten, welches in so schlagendem Widerspruch mit Hrn. Budge's Angaben steht, ein Beispiel in der sogleich zu erörternden dritten Tabelle. Bei hochgradiger Parelektronomie, wenn zwischen Haupt- und Achillessehne ein kräftiger Strom absteigt, fand ich auch den Strom zwischen den Gesammtquerschnitten stets im gleichen Sinne vor. Wird endlich am Achillesspiegel die parelektronomische Schicht zerstört, so entsteht zwischen den Gesammt-

querschnitten unfehlbar ein starker aufsteigender Strom. Vergl. Tab. III.

Wir gehen über zur Betrachtung des Falles, wo der eine Ableitungspunct am Muskelumfange liegt. Wir nennen dabei, und überhaupt fortan, oberen und unteren Strom den mit dem oberen und den mit dem unteren Querschnitt gewonnenen, obere und untere Spannung die Spannungen, eigentlich Spannungsunterschiede, welche diesen Strömen zu Grunde liegen. Hr. Budge ist hier abermals in den Fehler verfallen, der sich durch seine ganze Arbeit zieht, den Muskelumfang in allen seinen Puncten schlechthin für Längsschnitt zu nehmen. Ich brauche wohl nicht noch einmal darauf zu bestehen, dass dieser Umfang, soweit der Achillesspiegel reicht, also zum grössten Theil, natürlicher Querschnitt ist, und dass nur der Tibialfläche entlang sich ein schmaler Streif natürlichen Längsschnittes herabzieht. Wir haben also vielmehr zwei Fälle zu unterscheiden, den, in welchem der zweite Ableitungspunct dem Längsschnitt der Tibialfläche, und den, in welchem er dem Achillesspiegel angehört.

(1.) Der erstere Fall ist der einfachere, obschon schwerer im Versuch zu behandeln, da die Ableitung vom Längsschnitt nicht gut anders als mittels einer Thonspitze gelingt. Man legt das Gastroknemius-Präparat, die Tibialfläche nach oben, auf die dreieckige Glasplatte des allgemeinen Trägers, schiebt gegen den einen Querschnitt das Thonschild des einen Zuleitungsgefässes, und berührt mit der Thonspitze die zur Ableitung gewählten Puncte der Tibialfläche, nachdem man sie, um sie wiederzufinden, mit Russ bezeichnet hat. Tab. III. enthält das Ergebniss solcher Versuche an fünf Gastroknemien. Die Zahlen und Vorzeichen darin haben dieselbe Bedeutung wie in den beiden ersten Tabellen (s. oben S. 561). In der ersten wagerechten Reihe finden sich die Wirkungen zwischen den sehnigen Enden, d. h. zwischen Haupt- und Achillessehne. Dann folgen zwei Abtheilungen, deren obere die obere, die untere die untere Spannung bei grösster, kleinster und mittlerer Spannweite zeigt; im letzteren Falle berührte die Thonspitze die Tibialfläche des Präparates in der Mitte seiner Länge. Die letzte

Reihe enthält die Wirkungen zwischen den Gesammtquerschnitten, wobei die Thonspitze mit dem zweiten Zuleitungsgefässe vertauscht wurde. Endlich die beiden senkrechten Spalten, welche einem jeden Gastroknemius entsprechen, zeigen die nach diesem Plane gemessenen Spannungen vor und nach der Zerstörung der parelektronomischen Schicht durch Kreosot.

Aehnliche Versuche finden sich in der letzten wagerechten Doppelreihe der zehnten Tabelle, in der die Zahlen und Vorzeichen auch noch dieselbe Bedeutung haben. Doch geschah hier die Messung allein bei mittlerer Spannweite, und die Gastroknemien waren nicht besonders parelektronomisch. Die Muskeln in Tab. III. dagegen stammten, bis auf den letzten, von erkälteten Fröschen, und waren stark parelektronomisch. Sie sind in der Tabelle nach dem wachsenden Spannungsunterschiede ihrer sehnigen Enden, oder nach ihrer abnehmenden Parelektronomie geordnet, daher ein Muskel obenansteht, der, einem erfrorenen Frosche entlehnt, zwischen den sehnigen Enden absteigend wirkte[1]).

Nach unserer Anschauung muss das Ergebniss dieser Versuche folgendes sein. Bei hoher Parelektronomie des Achillesspiegels, wenn dessen Grenzschicht keinen merklichen Strom emporschickt, muss die obere Spannung sich der unteren nähern. Zu erreichen braucht sie dieselbe, aus den erwähnten Gründen, nicht. Die Spannweite kann dabei keinen anderen Einfluss üben, als an regelmässig gefaserten Muskeln, d. h. die mittlere Spannweite muss die grösste Spannung liefern. In der That, dadurch dass der Achillesspiegel so neutral ward wie der Längsschnitt, ist, abgesehen von der aus Fig. 8. erhellenden, verschiedenen Beschaffenheit der beiden Querschnitte, die Vertheilung der Spannungen an der Oberfläche unseres Gastroknemius-Präparates dieselbe geworden, wie an einem regelmässigen, durch zwei senkrechte Querschnitte begrenzten Muskel. Wird die parelektronomische Schicht zerstört, so tritt zu den vorigen Wirkungen der aufsteigende Neigungsstrom.

1) Monatsberichte der Berliner Akademie. 1851. S. 392; — Untersuchungen u. s. w. Bd. II, Abth. II, S. 34. 38.

Dieser ist um so stärker, je grösser die Spannweite. Seine Spannung fügt sich hinzu zur unteren und zieht sich ab von der oberen Spannung zwischen Längs- und Querschnitt. Die untere Spannung muss also die vor Zerstörung der Schicht übertreffen, um so mehr, je grösser die Spannweite, die obere muss unter die früher beobachtete sinken, um so mehr, je grösser die Spannweite; ja bei grösster, vielleicht schon bei mittlerer Spannweite kann der aufsteigende Neigungsstrom den absteigenden oberen Strom überwiegen. Haben wir ihn doch oben S. 568 sogar den Strom zwischen Längsschnitt und senkrechtem Querschnitt überwältigen sehen. Bei mässiger Parelektronomie wird zwischen diesen beiden Grenzzuständen ein mittlerer stattfinden. Die untere Spannung wird von vorn herein die obere übertreffen; jene wird von vorn herein um so grösser, diese um so kleiner sein, je grösser die Spannweite In welchem Grade dies gewöhnlich der Fall ist, kann nur der Versuch lehren. Umgekehrt bei so hoher Parelektronomie, dass die Grenzschicht des Achillesspiegels absteigend wirkt, wird die obere Spannung vermehrt, die untere vermindert, um so mehr, je grösser die Spannweite. Die erstere wird von vorn herein die letztere übertreffen; ja bei grösster, vielleicht schon bei mittlerer Spannweite wird der absteigende Neigungsstrom den aufsteigenden unteren Strom überwiegen.

Diese Schlüsse finden sich in Tab. III. so bestätigt, dass man glauben könnte, sie seien der Tabelle entlehnt. Vor Zerstörung der parelektronomischen Schicht nähert sich das Verhältniss des Mittels der oberen zu dem der unteren Spannung bei den drei Spannweiten um so mehr der Einheit, je stromloser der Muskel zwischen sehnigen Enden ist. Bei Muskel II. ist das Verhältniss wie von $-1{,}000 : +1{,}007$. Es wird um so kleiner, je stärker die Muskeln aufsteigend wirken, und es übersteigt bedeutend die Einheit an dem erfrorenen Muskel mit abwärts wirksamer Grenzschicht des Achillesspiegels. Dabei giebt 7 Mal auf 8 die mittlere Spannweite die grösste Spannung. Nur die Wirkung zwischen den Gesammtquerschnitten bietet die schon bezeichnete Abweichung dar. Im Allgemeinen hält diese Wirkung Schritt mit dem Unterschiede zwischen

oberer und unterer Spannung. Bei Muskel III. beläuft sie sich auf eine blosse Spur ($\frac{1}{14,2}$ des Mittels der absoluten Werthe der oberen und unteren Spannungen). Bei Muskel II. aber ist sie bereits absteigend, obschon zwischen den sehnigen Enden der Muskel noch aufsteigend wirkte, und das Mittel der unteren das der oberen Spannungen übersteigt. Bei mittlerer Parelektronomie und Spannweite lehrt Tab. X., dass allerdings die untere Spannung die obere ansehnlich (im Verhältniss von 1,73 : 1,00 im Mittel aus 10 Versuchen) übertrifft. Nicht ein einziges Mal ist jedoch vor Zerstörung der parelektronomischen Schicht die obere Spannung umgekehrt, was Hr. Budge für die Regel ausgiebt. Nach der Zerstörung ändert sich dies freilich, im Einklang mit der Theorie. Nun erscheint die obere Spannung verkleinert, die untere vergrössert. Beides ist um so mehr der Fall, je grösser die Spannweite. Die wenigen Ausnahmen hiervon in Tab. III. rühren daher, dass nach Zerstörung der Schicht der Strom von der eben erst erreichten Höhe rasch wieder herabsinkt[1]), wodurch die Zunahme der Spannung beim Uebergehen von kleinerer zu grösserer Spannweite leicht verdeckt wird. Bei grösster Spannweite ist jetzt regelmässig die obere Spannung umgekehrt. Sogar bei mittlerer Spannweite ist sie dies oft, oder sie ist wenigstens absolut, vollends im Vergleich zur unteren Spannung, tief gesunken. Zwischen den Gesammtquerschnitten steigt ein kräftiger Strom empor, der den früher vorhandenen um so mehr übertrifft, je parelektronomischer der Muskel war. Wirkt endlich der Muskel, wie I. in Tab. III., zwischen den sehnigen Enden vor Zerstörung der Schicht absteigend, so zeigt sich, wie die Theorie es verlangt, die obere Spannung um so grösser, die untere um so kleiner, je grösser die Spannweite, ja bei der grössten Spannweite ist die untere Spannung verkehrt. Zwischen den Gesammtquerschnitten steigt der Strom abwärts. Die Zerstörung der Schicht hat dasselbe Verhalten zur Folge, wie bei geringerer Parelektronomie, nur bleiben die Wirkungen sehr viel schwächer, weil der Muskel im Absterben begriffen ist[2]).

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 35.

2) Untersuchungen a. a. O. S. 38.

Dass auch bei diesen Versuchen der Triceps sich dem Gastroknemius ähnlich verhält, geht schliesslich gleichfalls aus Tab. X. hervor. Auch am Triceps übertrifft bei mittlerer Parelektronomie und Spannweite der untere Strom den oberen stets bereits um eine gewisse Grösse; aber nach Zerstörung der parelektronomischen Schicht wird das Verhältniss des letzteren zum ersteren ein kleineres, wenn auch nicht so klein wie am Gastroknemius, ja der obere Strom kann verkehrt erscheinen (III. A.). Doch zeigt es sich, dass der Triceps durch das Kreosot mehr leidet als der Gastroknemius, so dass in der Hälfte der Versuche die absolute Verstärkung des unteren Stromes vorüber war, ehe sie gemesssen werden konnte.

(2.) Was den zweiten Fall betrifft, wo der eine Ableitungspunct, statt am Längsschnitt, sich am Achillesspiegel befindet, so ist zunächst klar, dass er sich vom vorigen nicht unterscheidet, wenn der Achillesspiegel bis zur Unwirksamkeit parelektronomisch ist, und die Ableitung vom Achillesspiegel ohne Zerstörung der Schicht geschieht, z. B. durch Thon, der mit einer passend verdünnten Kochsalzlösung angeknetet ist[1]). Bei minder parelektronomischem Spiegel besteht der Unterschied zwischen dem jetzigen und dem vorigen Falle darin, dass auf der einen Seite, anstatt des neutralen Längsschnittes, negativer Querschnitt berührt wird, der sich jedoch theils wegen seiner Schräge, theils wegen der noch vorhandenen Parelektronomie nur schwach negativ verhält. Schwach negativ verhält sich aber auch nur, aus den oben S. 652 erwähnten Gründen, im Ganzen genommen der obere Querschnitt. Mit sinkender Parelektronomie nähert sich also die mittlere Spannung des Achillesspiegels der des oberen Querschnittes, ja es ist kein Grund da, weshalb nicht zuletzt der Achillesspiegel negativer werden sollte, als der obere Querschnitt, da dann ganz abgesehen vom Neigungsstrome der obere Strom schon verkehrt sein würde. Mit sinkender Parelektronomie tritt nun aber zugleich der aufsteigende Neigungsstrom hervor. Man sieht, wie viel leich-

1) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen u. s. w. A. a. O. S. 94. 95.

teres Spiel er jetzt hat, um den oberen Strom verkehrt erscheinen zu lassen, als im Falle (1), wo ihm der Unterschied zwischen Längsschnitt und schrägem künstlichen Querschnitt entgegenstand. Findet er den oberen Strom nicht schon verkehrt, so braucht er, um jenen Erfolg herbeizuführen, hier doch nur den geringen Unterschied zwischen schrägem natürlichem und künstlichem Querschnitt zu besiegen.

Doch leugne ich auch hier, dass bei mittlerer Parelektronomie und Spannweite der obere Strom in der Regel verkehrt sei, wie Hr. Budge behauptet. Ich sah ihn neuerdings so nur einmal in zehn Versuchen, worin die Muskeln zweimal auf Eiweissbäutchen, zweimal auf Thonschildern, zweimal auf Bäuschen mit gesättigter Kochsalz-, zweimal auf solchen mit schwefelsaurer Zinklösung, und zweimal auf solchen mit destillirtem Wasser getränkt lagen. Da jenes eine Mal bei Anwendung des destillirten Wassers vorkam, dessen sich Herr Budge stets zur Ableitung bediente, so entstand die Frage, ob vielleicht der Strom damit leichter verkehrt erscheine. Allein in fünf ferneren Versuchen mit destillirtem Wasser hatte der obere Strom die gewöhnliche, also im Ganzen nur 1 Mal auf 15 die verkehrte Richtung.

Auch Hr. Cima erhielt übrigens einen aufsteigenden, d. h. verkehrten Strom von einer Säule aus den unteren Abschnitten von Gastroknemien, die in ihrer oberen Hälfte querdurchschnitten und so angeordnet waren, dass der Querschnitt jedes Muskels die Achillessehne des folgenden berührte. Wenn der Querschnitt die Länge der Muskeln hälftete, war die Säule unwirksam[1]). Hr. Cima und Hr. Budge hatten vielleicht zufällig wenig parelektronomische Gastroknemien, oder sie schützten die Muskeln nicht sorgfältig genug vor Entwickelung ihres Stromes. Berühren des Achillesspiegels mit dem Finger genügt bekanntlich, um den Strom sehr zu verstärken. Dann haben sie offenbar keine besondere Sorgfalt auf die Herstellung des

1) Saggio storico-critico e sperimentale sulle contrazioni galvaniche e sulle correnti elettro-fisiologiche. In Zantedeschi's Raccolta fisico chimica italiana, ec. 1848. vol. III. p. 504. §. 22.

oberen Querschnittes verwendet, da sie die Schwierigkeit nicht erwähnen, auf die man dabei trifft. So war in dem Gemisch von Längsschnitt in der Mitte und schrägem Querschnitt am Rande, welches der obere Querschnitt stets darbietet (s. oben S. 652), das positive Element vermuthlich mehr als nöthig vertreten. Dass in Hrn. Cima's Versuch die aufsteigende Wirkung mit der Länge der im Kreise befindlichen Achillesspiegel-Strecken sank, erscheint in der Ordnung. Endlich Herrn Budge's Angabe, wonach der Strom besonders häufig verkehrt sein soll, wenn man nur ein kleines Stück vom Kopf des Muskels abschneide (s. oben S. 650), erklärt sich aus der auf die Scheidewand fast senkrechten Richtung der obersten Bündel (s. oben S. 605. 653), in Folge deren der angebliche Querschnitt zu fast reinem Längsschnitt wird.

Dagegen hat Hr. Budge darin Recht, dass er den oberen Strom, nachdem dieser eine Zeitlang im richtigen Sinne, also absteigend, floss, sich öfters umkehren, und beim Anfrischen des oberen künstlichen Querschnittes absteigend wiederkehren lässt. Nur ist dies keine Entdeckung des Hrn. Budge, sondern auch diese Thatsache findet sich bereits in meinem Werke ausdrücklich beschrieben und erörtert[1]), was ihm nicht hätte entgehen dürfen. Dort hätte er gelernt, da seine Sinne zu blöde waren, damit er es selbst merke, dass, wo er in seinen Versuchen Längsschnitt vor sich zu haben glaubte, er es mit natürlichem Querschnitt zu thun hatte. Dadurch wird aber der Stand der Dinge hier ein ganz anderer. Es handelt sich nicht mehr, wie Hr. Budge glaubt, um die Umkehr des Gegensatzes zwischen Längs- und Querschnitt, sondern die Frage ist nur noch, weshalb der ob seiner Schräge und Parelektronomie gegen den künstlichen Querschnitt ursprünglich positive Achillesspiegel bei längerem Aufliegen negativ dagegen werde. A. a. O. deutete ich dies so, dass einestheils der natürliche Querschnitt durch Zerstörung der parelektronomischen Schicht an Negativität zunehme, anderntheils der künstliche Querschnitt mit der Zeit an Negativität verliere, durch Anfrischen aber

1) A. a. O. Bd. II. Abth. II. S. 122.

wieder daran gewinne, und diese Erklärung ist auch noch heute richtig, wenn gleich nicht in dem Sinne, in dem ich sie damals gab.

Damals dachte ich mir, in Folge der unvollkommenen Versuche mit polarisirbaren Elektroden, dass überhaupt die Muskeln bei längerem Aufliegen durch eine mit ihrem Querschnitt vor sich gehende Veränderung an elektromotorischer Kraft verlieren, und dass die Erneuerung des Querschnittes die Kraft zum Theil wieder herstelle [1]). Herr Budge, der seinen „natürlichen" Strom deshalb abwechselnd die Oberhand gewinnen und unterliegen lässt, weil der „künstliche" sinke und sich durch Anfrischen des Querschnittes wieder hebe, hat diese Lehre ohne die Kritik von mir entnommen, die hier am Orte gewesen wäre, und zu der er die Mittel besass, da er mit meinen unpolarisirbaren Zuleitungsgefässen arbeitete. Denn sobald ich selber in den Besitz dieser Mittel gelangt war, fand ich, dass jene ältere Meinung auf einer durch die Polarisation erzeugten Täuschung beruhte, und dass innerhalb der Fristen, welche hier in Betracht kommen, die elektromotorische Kraft des Muskels, abgesehen von der inneren Polarisation, beständig bleibt [2]). Danach würde unsere Deutung des Umschlagens der Stromrichtung zwischen natürlichem und künstlichem Querschnitt untergraben sein. Selbst wenn man annimmt, dass der natürliche Querschnitt schräger wäre als der künstliche, bliebe zu erwägen, dass die gewöhnlich zur Ableitung gebrauchten Flüssigkeiten die Kraft der parelektronomischen Schicht nur vermindern, nicht vernichten [3]), und dass also ein negatives Verhalten des natürlichen gegen den künstlichen Querschnitt dergestalt schwer herauskommen würde. Wenn aber dies einmal erreicht wäre, könnte das Erneuern des künstlichen Querschnittes nichts mehr daran ändern. Am wenigsten liesse sich von diesem Gesichtspuncte aus Hrn. Budge's An-

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 714; — Bd. II. Abth. I. S. 19. 145. 150. 179. 283. 557; — Abth. II. S. 108. 113. 122.

2) Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. 1862. Bd. VIII. S. 409 Anm. 1.

3) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 58. 101. 102.

schauung rechtfertigen, da es für seinen „natürlichen" Strom keinen Grund giebt, weshalb er mit der Dauer des Aufliegens wachsen sollte, wie für die Negativität des natürlichen Querschnittes ein solcher in der Zerstörung der parelektronomischen Schicht liegt.

Wenn ich jetzt die von der Umkehr des Stromes zwischen Achillesspiegel und oberem Querschnitt früher gegebene Erklärung dennoch aufrechterhalte, so beruht dies darauf, dass das Gesagte zunächst nur für den Querschnitt regelmässig gefaserter Muskeln gilt. Dagegen sind allerdings Verhältnisse denkbar, unter denen die Negativität eines Querschnittes bei längerem Aufliegen sinken und durch Erneuerung des Querschnittes wiederhergestellt werden kann. Dies trifft am Gastroknemius zu, wie ein Blick auf Fig. 8. lehrt. Sterben die dunkler gehaltenen, durchschnittenen Bündel ab, so verwandelt sich der schräge künstliche Querschnitt in Längsschnitt; wird der scheinbare Querschnitt wieder angefrischt, so hat man statt Längsschnitt wieder schrägen Querschnitt u. s. f.

Und somit ist auch hier Alles soweit erklärt, als es sich der Mühe verlohnt, dergleichen Erscheinungen in's Einzelne zu verfolgen, nachdem einmal der allgemeine Grundsatz erkannt ist, aus dem sie abzuleiten sind.

Dritte Abtheilung.

Vom Strom der mehr regelmässig gefaserten Oberschenkelmuskeln des Frosches.

§. XI.

Die mehr regelmässig gefaserten Oberschenkelmuskeln des Frosches bieten so wenig wie der Gastroknemius eine sichere Spur eines nach der Richtung ihrer Axe darin vertheilten Gegensatzes.

Aus dem vorigen Paragraphen erhellt, dass die elektromotorischen Unregelmässigkeiten am querdurchschnittenen Gastroknemius, welche Hr. Budge auf einen unabhängig von Längs- und Querschnitt im Muskel aufsteigenden Strom deutet, ebenso

leicht auf Eigenthümlichkeiten des Gastroknemiusbaues zurückzuführen sind, wie die am unversehrten Muskel. In allen Fällen, wo eine beim ersten Blick aus dem Gesetz des Muskelstromes nicht zu rechtfertigende Wirkung auftrat, haben wir bei näherer Betrachtung dafür einen aus diesem Gesetze fliessenden Grund gefunden. Der Gastroknemius hat keinen solchen Eigenstrom, wie einst Hr. Matteucci wollte, und wie jetzt Hr. Budge will.

Gesetzt aber, er hätte ihn, so wäre natürlich nicht anzunehmen, dass dieser Strom unter allen Muskeln nur dem Gastroknemius, und zwar nur am Frosch, zukomme. Hr. Budge ist hierin, wie nicht zu leugnen, einen Schritt über Hrn. Matteucci hinausgegangen, der wirklich bei jener Annahme stehen blieb [1]). Er schreibt auch den übrigen Muskeln des Frosches, und unstreitig den Muskeln im Allgemeinen, dergleichen Ströme zu. Seine zweite vorläufige Mittheilung, vom 25. October 1862, sucht diese Behauptung zu begründen am Adductor magnus, Sartorius, Tibialis anticus, den Peronei, dem Biceps, Rectus internus und Semimembranosus des Frosches. Dazu vergleicht er unter einander die beständigen Ablenkungen, die er an seinem Multiplicator mit dem oberen und mit dem unteren Strom der durch zwei künstliche Querschnitte begrenzten Muskeln erhielt.

So will Hr. Budge in 19 Versuchen am Adductor magnus 17 Mal den unteren Strom stärker gefunden haben als den oberen. Die Unterschiede, um die es sich dabei handelt, sind sehr bedeutend. Gewöhnlich gab der untere Strom etwa 70°, der obere nur etwa 50° beständiger Ablenkung. Dies entspricht an einem Sauerwald'schen Multiplicator, wie Hr. Budge ihn benutzt, einem Verhältniss der Stromstärken etwa wie von 2:1. Es kommen aber noch viel grössere Unterschiede in Hrn. Budge's Reihen vor, ja zweimal war der obere Strom am Ad-

1) Die Fortschritte der Physik im Jahre 1845. Berlin 1847. S. 517; — Untersuchungen u. s. w. Bd. I. 1848. S. 527 ff.; — On Signor Carlo Matteucci's Letter to H. Bence Jones etc. London 1853. p. 15; — Die Fortschritte der Physik in den Jahren 1850 und 1851. Berlin 1855. S. 734.

ductor magnus aufsteigend, d. h. er ging vom Querschnitt durch den Bogen zum Längsschnitt. Daraus wird auch hier auf einen aufsteigenden Eigenstrom geschlossen.

Aehnliches wird von den anderen Muskeln berichtet. Besonders häufig hat Hr. Budge vom Tibialis anticus und dem Biceps verkehrte Ausschläge erhalten, d. h. den künstlichen Querschnitt scheinbar positiv gegen den Längsschnitt gefunden. Aufsteigend, wie im Gastroknemius und dem Adductor magnus, soll der Eigenstrom noch im Tibialis anticus sein, absteigend im Biceps. Im Rectus internus wird er als absteigend, im Semimembranosus als aufsteigend bezeichnet, aber wohl nur durch einen Flüchtigkeitsfehler, wie sie bei Hrn. Budge häufig sind[1]), denn aus den mitgetheilten Zahlen würde das Gegentheil folgen. Am Sartorius unterscheidet Hr. Budge drei Fälle. Im einen soll der Eigenstrom aufsteigen, im anderen Null sein, im dritten absteigen.

Hr. Budge behauptet endlich, dass der Strom, den man von den Muskeln beim Auflegen zweier symmetrischen Längsschnittspuncte erhält, stets einerlei Richtung hat mit dem Unterschiede des oberen und unteren Stromes.

Hr. Budge sagt zwar nicht ausdrücklich, stellt sich aber doch wohl vor, dass es die einzelnen Muskelbündel sind, zwischen deren beiden Enden ein elektromotorischer Unterschied herrsche, so dass jedes Bündel gleich einer voltaischen Säule wirke. An sich ist dies nicht so undenkbar. So genügte z. B., um an meine Hypothesen anzuknüpfen, die Annahme, dass innerhalb der Reihen peripolarer Gruppen dipolarer Molekeln einzelne, so zu sagen lose dipolare Molekeln vorkämen, die ihre gleichnamigen Pole nach einerlei Richtung kehrten.

Inzwischen tritt bei jeder solchen Annahme, welche die Bündel als den Sitz eines nach ihrer Axe vertheilten Gegensatzes betrachtet, für Hrn. Budge eine Schwierigkeit ein, an die er nicht gedacht hat, weil er den Bau des Gastroknemius nicht

---

1) Vergl. oben S. 522. — In der zweiten vorläufigen Mittheilung wird zweimal die Achillessehne als positiv gegen die Hauptsehne und der Querschnitt als positiv gegen den Längsschnitt bezeichnet.

kennt, oder, wenn er es vorzieht, obschon er diesen Bau sehr genau zu kennen vorgiebt[1]). Bei keiner Annahme der Art gelangt man nämlich dazu, die von Hrn. Budge an diesem Muskel behauptete Positivität höherer Puncte gegen tiefere herzuleiten. Wären die Gastroknemiusfasern an ihrem oberen Ende positiv, an ihrem unteren negativ, so würde der Achillesspiegel, als Inbegriff der unteren Enden, gleichmässig negativ sein, und diese Negativität würde sich am Längsschnitt vom Rande des Spiegels in der Faserrichtung bis zur Hauptsehne und dem Sehnenstreifen an der Tibialfläche abstufen. Mit anderen Worten, die Vertheilung der Spannungen unterschiede sich nicht merklich von der durch das Gesetz des Muskelstromes geforderten. Ebenso wenig würde ein unterer Querschnitt aus diesem Grunde negativ gegen einen oberen sein. Ein jeder der beiden Gesammtquerschnitte böte von Aussen nach Innen in umgekehrter Ordnung dieselbe Anzahl von Einzelquerschnitten aus derselben Höhe der Fasern dar, d. h. die mittlere Spannung der beiden Querschnitte wäre dieselbe. Hält also Hr. Budge seine Behauptungen am Gastroknemius aufrecht, so wird er auf diese Auffassung seiner angeblichen Ströme verzichten und sich mit der Vorstellung begnügen müssen, dass sie nicht der Richtung der Fasern, sondern der Muskelaxe folgen. Bei dieser Vorstellung scheint es kaum, als ob diese Ströme noch auf eine tiefere Bedeutung Anspruch machen könnten. Die einzige Möglichkeit wäre, dass sie auf die Ausbreitung der Nerven Bezug hätten. Allein am Adductor magnus z. B. liegt der Hilus fast genau in der Mitte des Muskels, und es wäre also nicht zu verstehen, dass zwei gleich weit davon entfernte Querschnitte einen so bedeutenden Unterschied zeigten.

Eine andere Möglichkeit, wie solche Ströme entstehen könnten, hatte ich längst in's Auge gefasst. Ich habe bereits wiederholt angezeigt (s. oben S. 586 Anm. 1.), was ich näher zu begründen noch nicht Zeit fand, dass die lebenden Muskeln einen hohen Grad innerer Polarisirbarkeit besitzen, so dass sie durch

1) Zweite vorläufige Mittheilung. A. a. O. S. 416.

lange anhaltende Ströme von der Ordnung des Muskelstromes im umgekehrten Sinne von dem, in welchem sie durchströmt wurden, stark elektromotorisch wirksam werden. Da die Muskeln *in situ* von ihren eigenen Strömen und den Strömen anderer Muskeln der Länge nach durchflossen sind, so wäre es also ganz gut möglich, dass sie auch unabhängig vom Gesetz des Muskelstromes ihrer Länge nach elektromotorisch wirkten. Bei näherer Prüfung zeigt sich aber auch diese Einsicht unfähig, die Budge'schen Behauptungen zu erklären. Im Vergleich mit dem Gastroknemius und Triceps dürften die übrigen Unter- und Oberschenkelmuskeln, wegen ihres mehr regelmässigen Baues, *in situ* nur schwache Ströme entwickeln. *In situ* wären jene beiden Muskeln also aufsteigend, die übrigen absteigend durchflossen. Danach müssten jene absteigend, diese aufsteigend polarisirt sein. Den Triceps hat Hr. Budge nicht berücksichtigt, dem Gastroknemius, Tibialis anticus, Adductor magnus und Rectus internus aber schreibt er einen aufsteigenden, dem Semimembranosus und Biceps einen absteigenden, dem Sartorius endlich bald keinen, bald einen auf-, bald einen absteigenden Eigenstrom zu; was unseren Schlüssen auf jede Weise zuwiderläuft.

Lässt dagegen Hr. Budge, wozu er sich wohl wird entschliessen müssen, den aufsteigenden Eigenstrom des Gastroknemius fallen, so ist noch die Möglichkeit für ihn da, einen Spannungsunterschied der Enden der einzelnen Bündel zu behaupten. Am Gastroknemius wäre ein solcher, wie gesagt, vom Muskelstrome nicht zu unterscheiden, folglich durch unsere Versuche nicht widerlegt. Alles käme darauf an, wie sich Hrn. Budge's Angaben an den übrigen Muskeln bewähren. In dieser Beziehung steht wenigstens schon fest, dass wenn in den regelmässig gefaserten Muskeln unabhängig von Längs- und Querschnitt Ströme auf- und absteigen, sie neben dem Muskelstrome der Stärke nach nicht in Betracht kommen. Man erinnert sich des oben S. 562 beschriebenen Versuches, worin ein Muskel mit einem senkrechten und einem schrägen Querschnitt aufgelegt fast stets einen Strom im Muskel vom senkrechten zum schrägen Querschnitt zeigt, gleichviel welcher der

beiden Querschnitte der obere und welcher der untere ist. Also der blosse Unterschied in der Muskelstrom-Spannung, der durch die verschiedene Neigung des Querschnittes bedingt ist, würde die jenen Strömen zu Grunde liegende Spannung fast stets überwiegen.

Da nun die letzteren, falls sie überhaupt vorhanden sind, keine bekannte Bedeutung haben, ja nicht einmal eine Vermuhung darüber vorliegt, so begreife ich nicht, weshalb sie das wichtigere Phänomen sein sollen, wie Hr. Budge durchaus will. Der einzige Grund dafür möchte sein, dass Hr. Budge ihr Entdecker wäre. Ich meinerseits könnte mich um so eher darüber trösten, nur den Gegensatz zwischen Längs- und Querschnitt bemerkt zu haben, als ich bei meinen Versuchen über den Muskelstrom noch nicht die hochempfindlichen Instrumente und die vervollkommneten Versuchsweisen besass, mit denen ich seitdem die Physiologen ausgerüstet habe, und als ich, vor eine Welt neuer Thatsachen gestellt, leicht versucht war, über die grossen Umrisse der Erscheinungen feinere Züge zu übersehen. Ich würde also zu entschuldigen sein, jene angeblichen Ströme nicht bemerkt zu haben, selbst wenn sie existirten. Selbst dann wäre der hoffärtige Tadel, den Hr. Budge gegen mich richtet, nicht an seinem Platze. Aber wie erscheint dieser Tadel erst, wenn es sich nun findet, dass jene Ströme, deren Nichtbeachtung mir zu so schwerem Vorwurf gereichen soll, nie wo anders kreisten, als in Hrn. Budge's Phantasie?

Im Laufe meiner Untersuchungen, Vorträge, Demonstrationen habe ich natürlich sehr oft regelmässig gefaserte Oberschenkelmuskeln mit symmetrischen Längsschnittspuncten oder mit zwei künstlichen Querschnitten zwischen die Multiplicatorenden gebracht. Bei meinen ersten Versuchen der Art, bei denen ich mich noch wenig empfindlicher Instrumente bediente, sah ich die Nadel auf Null bleiben, wie mir denn auch anfangs die schwachen Ströme des Längsschnittes entgingen[1]). Später war die Regel, dass ein schwacher Ausschlag erfolgte,

1) Vorläufiger Abriss einer Untersuchung über den Froschstrom u. s. w. Poggendorff's Annalen u. s. w. 1843. Bd. LVIII. S. 5. §. 15.

bald im auf-, bald im absteigenden Sinne. Bei den Versuchen mit zwei künstlichen Querschnitten schrieb ich dies zum Theil dem Umstande zu, dass leicht auf der einen oder der anderen Seite die Kante zwischen Quer- und Längsschnitt sich umlegt und letzterer den Bausch berührt [1]). Bei den Versuchen mit symmetrischen Längsschnittspuncten bemerkte ich, dass nur in seltenen Fällen die gleichartigen Puncte genau symmetrisch zum geometrischen Aequator liegen, so dass der geometrische und der elektromotorische Aequator zusammenfallen. Meist sei der letztere nach der einen oder der anderen Seite verschoben, so dass man, um keine Wirkung zu erhalten, zwei ungleich weit vom geometrischen Aequator gelegene Puncte berühren müsse [2]). Obschon ich somit auf diese Abweichungen ein Auge hatte, fiel mir darin doch kein Gesetz auf, und ich habe auch darüber keine langen Versuchsprotocolle veröffentlicht, weil ich selber ohne dergleichen zur Ueberzeugung gelangt war, dass hier nichts zu holen sei.

Konnte ich aber beim Auflegen zweier Querschnitte keinen regelmässigen Erfolg entdecken, so hatte es auch für mich keinen Sinn, den oberen und unteren Strom unter sich zu vergleichen. Dieser Vergleich kann nur bezwecken, einen Spannungsunterschied der beiden Querschnitte nachzuweisen, indem man den Unterschied zwischen der Spannung eines jeden derselben und der eines Längsschnittspunctes feststellt, als eines dritten Punctes von gleicher Spannung in beiden Versuchen. Derselbe Zweck wird viel einfacher und ganz unmittelbar erreicht, indem man die beiden Querschnitte zum Kreise schliesst. Ich hatte also nicht nur keinen Grund, auch noch auf dem Wege jenes Vergleiches mich davon zu überzeugen, dass es keinen regelmässigen Spannungsunterschied der beiden Querschnitte giebt, sondern sogar einen Grund dagegen, nämlich

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 503. — Hr. Budge lässt an der Stelle, wo er sich auf diese Erklärung bezieht, die Worte: „zum Theil“ aus, und legt mir so die Behauptung unter, an die ich nie gedacht habe, dass zwei ohne Umlegen der Kante aufgelegte Querschnitte stets völlig gleichartig sein würden. Erste vorläufige Mittheilung, S. 208.

2) A. a. O. S. 514.

den, dass ich die Schwierigkeiten dieses Unternehmens einsah, von denen sich Hr. Budge nichts träumen lässt. Ganz wie er nichts von dem Einfluss weiss, den die Schräge des Querschnittes auf seine Negativität ausübt, ist ihm auch das Gesetz der Spannweiten fremd geblieben. Er ahnt nicht, dass, beim unverrückten Aufliegen desselben Querschnittes, die blosse Verrückung des Ableitungspunctes am Längsschnitt hinreicht, um eine Veränderung der Stromstärke zu bewirken, die bei Versuchen, gleich den seinigen, die genaueste Berücksichtigung verdient. Ehe wir diese Versuche wiederholen, ist es in der That nöthig, mit den vervollkommneten Hülfsmitteln, über die wir jetzt gebieten, das Gesetz der Spannweiten einer erneuten Prüfung zu unterwerfen.

Ich habe dies Gesetz früher so ausgesprochen, dass mit der Entfernung des Längsschnittspunctes vom abgeleiteten Querschnitt der Strom zuerst wachse, ein Maximum erreiche, wenn jener Punct sich am Aequator befinde, dann aber wieder herabsinke. Auf verschiedenem Wege führte ich den Beweis, dass es nicht blos die Stromstärken, sondern auch die Spannungsunterschiede seien, welche dies Gesetz befolgen [1]). Ich fügte hinzu, dass das Herabsinken vom Maximum in manchen Fällen dem Anschein nach etwas weniger steil vor sich gehe, als das Ansteigen, so dass bei der grössten Spannweite der Strom stärker sei, als bei der kleinsten.

Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntniss ist leicht zu sehen, dass das letztere Verhalten jedenfalls nur eine Unregelmässigkeit war, dadurch bedingt, dass der nicht abgeleitete Querschnitt geringere Negativität besass, oder dass nach ihm hin die unwirksame Schicht am Längsschnitt dicker wurde. Bei gleicher Negativität der beiden Querschnitte, und überall gleicher Dicke der unwirksamen Schicht am Längsschnitt, wie auch der an den Querschnitten, muss das Herabsinken des Spannungsunterschiedes vom Maximum mit derselben Steilheit geschehen, wie das Ansteigen: die Curve der Spannungsunterschiede bezogen auf die Spannweiten muss symmetrisch sein.

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 631—633. 695. 696.

Die Curve der Stromstärken bezogen auf die Spannweite wird dagegen asymmetrisch ausfallen, sobald der Widerstand des Muskels nicht gegen den des Kreises verschwindet. Allein die Abweichung dieser Curve von der Symmetrie wird gerade im entgegengesetzten Sinne von dem stattfinden, in welchem ich sie früher zufällig gesehen hatte. Je grösser der Widerstand des Muskels ist, um so mehr wird die Stromstärke bei kleinster die bei grösster Spannweite übertreffen, und um so näher wird das Maximum dem abgeleiteten Querschnitt rücken.

Bei meinen neueren Versuchen verfuhr ich so, dass, während der eine Querschnitt dem Thonschild eines Zuleitungsgefässes anlag, die Thonspitze einer Zuleitungsröhre folgweise den verschiedenen Puncten des Längsschnittes aufgesetzt wurde. Das Ergebniss dieser Versuche stellt Fig. 21. graphisch dar. Die Abscissenaxe $q'q_1$ bedeutet den Längsschnitt zwischen den beiden künstlichen Querschnitten. Die Ordinaten der ausgezogenen Curve sind die Stromstärken bei Ableitung des Stromes vom Querschnitt q', die der gestrichelten Curve die bei Ableitung vom Querschnitt q_1.

Man sieht, dass die Curven in doppelter Beziehung von dem Verlauf abweichen, den ich ihnen früher zuschrieb, und zwar in dem Sinne, wie dies so eben als nothwendig erkannt wurde. Erstens fällt das Maximum merklich näher dem abgeleiteten, als dem freien Querschnitt. Zweitens ist die Stromstärke bei der grössten Spannweite merklich geringer als bei der kleinsten. Im Einklang mit der Theorie ist dieser Verlauf der Curven um so ausgesprochener, je länger und dünner die Muskeln; am deutlichsten am Rectus internus, auch noch deutlich am Sartorius, nur noch schwer zu erkennen am Adductor magnus, dessen ich mich bei meinen früheren Versuchen vorzugsweise bediente. Hier nähern sich die Curven der Congruenz, indem der Verlauf einer jeden symmetrischer wird, und hier kann es sich am leichtesten ereignen, dass der Einfluss des Widerstandes durch den anderer Umstände übertroffen wird, so dass die grösste Spannweite eine grössere Stromstärke liefert als die kleinste.

Entwirft man, statt an der Bussole die Curven der Strom-

stärken, am Compensator die der Spannungsunterschiede bezogen auf die Spannweite, so zeigen letztere auch an Muskeln von grossem Widerstande einen symmetrischen Verlauf. Am Rectus internus kann der Spannungsunterschied bei grosser Spannweite grösser als bei kleiner sein, während die Stromstärke sich umgekehrt verhält.

Die von der Spannweite abhängigen Schwankungen der Stromstärke können bei dünnen Muskeln über die Hälfte des Maximums betragen; wie ansehnlich auch die der elektromotorischen Kraft sind, sieht man in Tab. III. an den durch zwei künstliche Querschnitte begrenzten Gastroknemien vor Zerstörung der parelektronomischen Schicht.

Es geht daraus hervor, dass man, um den oberen und unteren Strom unter sich zu vergleichen, wie Hr. Budge beabsichtigte, nicht blindlings verfahren darf, sondern bestimmte Regeln befolgen muss, will man nicht zu ganz falschen Ergebnissen gelangen. Das Beste wird sein, überhaupt von den Stromstärken abzusehen, und nur die elektromotorischen Kräfte zwischen den beiden Querschnitten einerseits, andererseits einem bestimmten Längsschnittspuncte zu messen. Verschwindet indess der Widerstand des Muskels gegen den des Kreises, so kann man ebenso mit den Stromstärken verfahren. Kommt jener Widerstand neben dem des Kreises in Betracht, und ist der Muskel überall gleich dick, so muss man in beiden Versuchen einen Längsschnittspunct von gleicher Spannung, und in gleicher Entfernung vom abgeleiteten Querschnitt gelegen, mit diesem zum Kreise schliessen. Je zwei symmetrische Längsschnittspuncte genügen dieser Bedingung, am einfachsten der Aequator. Ist aber der Muskel nicht überall gleich dick, so ist die Frage nach der verschiedenen Negativität der beiden Querschnitte durch den Vergleich des oberen und unteren Stromes gar nicht zu entscheiden, es sei denn, dass man, bei demselben Verfahren wie am überall gleich dicken Muskel, von dem dickeren Abschnitt einen schwächeren Strom erhielte, als von dem dünneren.

Jetzt wollen wir zur thatsächlichen Prüfung der Budgeschen Behauptungen schreiten. Sie laufen, wie gesagt, dar-

auf hinaus, dass im Muskel, wie in einer voltaischen Säule, ein elektrischer Gegensatz so vertheilt sei, dass jeder höhere Querschnitt z. B. sich positiv verhält gegen jeden tieferen. Ausserdem erkennt Hr. Budge im Muskel nur noch den Gegensatz von Längsschnitt und künstlichem Querschnitt an; er leugnet die Bedeutung der sehnigen Enden als natürlicher Querschnitte, mithin deren Gleichartigkeit und Negativität gegen den Längsschnitt. Danach dürfen am unversehrten Muskel keine anderen Wirkungen stattfinden, als die des angeblichen Gegensatzes seiner Enden, und man muss also nach Hrn. Budge 1. zwischen diesen Enden stets den Strom in derselben, durch jenen Gegensatz gebotenen Richtung finden, in unserem Beispiel also aufsteigend. Eben so muss man 2. zwischen zwei beliebigen Längsschnittspuncten, und 3. zwischen einem solchen Puncte und den beiden sehnigen Enden einen Strom in der nämlichen Richtung finden. 4. Liegt der Muskel mit zwei künstlichen Querschnitten auf, so muss der Erfolg derselbe sein. 5. Liegt der durch zwei künstliche Querschnitte begrenzte Muskel mit zwei beliebigen Längsschnittspuncten auf, so muss auch noch stets ein Strom in derselben Richtung erscheinen, der sich bei asymmetrischer Lage der Puncte zum schwachen Strome des Längsschnittes algebraisch hinzufügt. Endlich 6. muss ebenso der Muskelstrom vom Längs- zum Querschnitt selber, bei Berücksichtigung des Gesetzes der Spannweiten, stärker erscheinen, wenn er mit dem angeblichen Eigenstrom gleiche, als wenn er die umgekehrte Richtung hat, in unserem Beispiel also bei Ableitung vom unteren Querschnitt, wo er aufsteigt, stärker als bei Ableitung vom oberen, wo er absteigt. In allen diesen Fällen muss die Eigenstrom-Spannung um so grösser sein, je grösser der Abstand der Ableitungspuncte.

Dies ist die Reihe von Versuchen, die Hr. Budge zum Erweise seiner Lehre an regelmässig gefaserten Muskeln hätte durchmachen müssen. Statt dessen hat er, wie wir sahen, nur die unter 6. erwähnte Prüfung, und zwar ohne Berücksichtigung der Spannweite angestellt, und sonst nur obenhin erwähnt, dass die Muskeln mit symmetrischen Längs-

schnittspuncten im Sinne des Unterschiedes zwischen oberem und unterem Strome gewirkt hätten.

Wir wollen jetzt etwas gründlicher verfahren. Die Ergebnisse meiner Versuche an regelmässig gefaserten Muskeln sind am Schluss in den Tab. IV.—X. enthalten. Jede dieser Tabellen, bis auf die achte, stellt eine Versuchsreihe an den Recti interni, Sartorii, Adductores magni und Semimembranosi von fünf Fröschen vor. In Tab. X., welche zum Theil schon besprochen wurde, erstrecken sich die Messungen auch noch über den Triceps und den Gastroknemius derselben Thiere. So ist jede Willkür in der Auswahl der Fälle ausgeschlossen. Nur wo dem Semimembranosus das obere sehnige Ende erhalten bleiben musste, ist der Versuch zuweilen nur am Muskel der einen Seite angestellt, oder es ist ein Muskel von einem anderen Frosch zu Hülfe genommen, weil es nicht immer gelingt, die Semimembranosi desselben Frosches so von einander zu trennen, dass beide unversehrt sind.

Die Vorzeichen in den Tabellen und die Zahlen in Tab. X. haben die frühere Bedeutung. In den anderen Tabellen sind die Zahlen den Stromstärken proportionale Ablenkungen in Scalentheilen, abgelesen an der Wiedemann'schen Bussole mit 12000 Windungen, bei 0 Mm. Abstand der Rollen und 2300 Mm. Abstand der Scale vom Spiegel, aber ohne Hauy'sche Compensation.

Jede Zahl ist das Ergebniss einer einzigen Ablesung, welche vorgenommen wurde, nachdem die Bedingungen des Versuches möglichst rein hergestellt waren (s. oben S. 546). Verfährt man so mehrmals nach einander, so erhält man gleichwohl, namentlich wo der künstliche Querschnitt in's Spiel kommt, nicht zweimal dieselbe Zahl, sondern oft ansehnlich verschiedene Werthe, wo nach dem Gesetz keine Wirkung stattfinden sollte, auch wohl von verschiedenem Zeichen. Man müsste also eigentlich aus einer hinreichenden Anzahl solcher Bestimmungen das Mittel ziehen. Dies hätte zuviel Zeit gekostet in Versuchsreihen, wo, wie in Tab. IV., schon an jedem Muskel 12, mithin an jedem Frosch 96 Versuche anzustellen waren. Unsere Zahlen sind sonach mit jenen Schwankungen

behaftet. Man darf indess annehmen, dass deren Einfluss sich auch bei hinlänglicher Vervielfältigung einzelner Versuche an verschiedenen Muskeln ausgleiche, wie die Tabellen sie darbieten, wobei zugleich die etwaigen Unterschiede im Verhalten der einzelnen Muskeln sich aufheben: da kein Grund ist, weshalb alle Muskeln, bei einer einzigen Prüfung, eine im nämlichen Sinne vom Mittel abweichende Zahl liefern sollten.

Um uns kurz zu verständigen, nennen wir den mit natürlichem Querschnitt gewonnenen Strom den natürlichen, den mit dem künstlichen Querschnitt den künstlichen Strom. Der obere natürliche Strom ist also z. B. der zwischen oberem sehnigen Ende, der untere künstliche Strom der zwischen unterem künstlichen Querschnitt einerseits, andererseits dem Längsschnitt kreisende Strom. Vor einer Verwechselung des so gebrauchten Ausdruckes „natürlicher Strom" mit demselben Ausdruck in Hrn. Budge's Sinne braucht wohl kaum gewarnt zu werden. Hrn. Budge's angeblichen „natürlichen" Strom, der ohne Bezug auf Längs- und Querschnitt sein soll, nennen wir, was sein ursprünglicher Name ist, ja vielmehr Eigenstrom.

Tab. IV. stellt eine Versuchsreihe dar, wobei an jedem Muskel die sechs oben aufgezählten Folgerungen aus Herrn Budge's Lehre zur Prüfung kamen. Sie zerfällt der Länge nach in zwei Abtheilungen. Die erste Abtheilung bezieht sich auf den ganz unversehrten Muskel. Gewisse weitere, denselben betreffende Fragen sind in Tab. V. beantwortet. Die zweite Abtheilung von Tab. IV. bezieht sich auf den durch zwei senkrechte Querschnitte begrenzten Muskel. Weiter erläutert findet sich dessen Verhalten in den Tab. VI.—X.

I. also sollte sich, nach Hrn. Budge, an jedem Muskel zwischen seinen sehnigen Enden ein Strom in beständiger Richtung zeigen. An sich wäre hiergegen, vom Standpuncte unseres Gesetzes, nichts einzuwenden. Ein solches Verhalten würde zu seiner Erklärung nur eine beständige Gestaltverschiedenheit der beiden Enden voraussetzen, wodurch die Ableitung von elektromotorisch nicht entsprechenden Puncten geschähe. Ich selber

habe früher, auf Grund meiner ersten, noch minder vollkommenen und zahlreichen Versuche, jenes Verhalten angenommen[1]). In Uebereinstimmung mit meinen späteren Angaben[2]) lehrt aber jetzt die erste Spalte der IV., V. und VI. Tabelle, dass dasselbe unter den vier in Rede stehenden Muskeln allein am Semimembranosus, allenfalls dem Sartorius, mit einiger Sicherheit nachweisbar ist. Auf 26 Mal wirkte zwischen sehnigen Enden der Semimembranosus 24, auf 30 Mal der Sartorius 24, der Rectus internus 18 Mal absteigend, der Adductor magnus 17 Mal aufsteigend. Oft wirkt von den gleichnamigen Muskeln desselben Frosches der eine auf-, der andere absteigend. Spricht sich schon hierin keine durchgreifende Gesetzlichkeit aus, so vermisst man eine solche erst recht, wenn man die Grösse der Wirkungen in Betracht zieht. Nicht blos schwankt diese zwischen weiten Grenzen, sondern sie tritt auch meist bedeutend zurück gegen die der Ablenkungen, welche man mit dem natürlichen Strom vor Zerstörung der parelektronomischen Schicht, noch mehr gegen die, welche man damit nach Zerstörung der Schicht, oder mit dem künstlichen Strome erhält.

Eine solche Unregelmässigkeit und Schwäche der Wirkungen ist unverträglich mit der Bedeutung, die Hr. Budge ihnen beilegt. Uns erwächst daraus keine Verlegenheit, selbst wenn wir bei der obigen Erklärung jener Wirkungen stehen bleiben. Denn da eine geringe Verrückung der Ableitungspuncte danach hinreicht, die Stromrichtung umzukehren, so wird die Unbeständigkeit der Ströme fast zur nothwendigen Folge[3]). Wir können aber jetzt, zur Deutung derselben Ströme, auch noch an verschiedene Parelektronomie der beiden Muskelenden denken, wobei vollends keine Beständigkeit zu erwarten wäre; und der Versuch wird diese Vermuthung bestätigen.

II. sollte, nach Hrn. Budge, an jedem Muskel der

1) Poggendorff's Annalen u. s. w. 1843. Bd. LVIII. S. 3. 10. §. 9. 26. 27.

2) Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 497.

3) A. a. O. Bd. I. S. 506 ff.

Strom zwischen beliebigen Längsschnittspuncten dieselbe Richtung zeigen, wie zwischen den sehnigen Enden. Die zweite Spalte der IV. und V. Tabelle enthält die Ablenkungen beim Aufliegen zweier symmetrischen Längsschnittspuncte, die vom Aequator um ein Viertel der Muskellänge abstanden. Auf 20 Mal haben sie am Rectus internus 6, am Sartorius 9, am Adductor magnus 6, am Semimembranosus 11 Mal, auf 80 Mal also im Ganzen nur 32 Mal die umgekehrte Richtung von der zwischen den sehnigen Enden. Hier scheint also, was die Richtung der Ströme betrifft, etwas der Budge'schen Anschauung Entsprechendes beim ersten Blick wirklich stattzufinden. Was die Stärke betrifft, so sind die Ablenkungen bald kleiner, bald, was sie nach Hrn. Budge nicht sollten, in dem Maasse grösser als die zwischen sehnigen Enden, dass dies nicht blos dem geringeren Widerstande zuzuschreiben ist. Auch im letzteren Falle bleiben sie übrigens meist weit unter den mit Querschnitt erhaltenen Wirkungen.

In der dritten Spalte derselben Tabellen entspricht jedem Muskel eine obere und eine untere Zahl. Jene wurde abgelesen, als bei unveränderter Spannweite der obere Ableitungspunct dem oberen, diese, als der untere dem unteren Ende möglichst genähert war. Nach Hrn. Budge sollten beide Zahlen stets das gleiche Vorzeichen mit der Zahl der ersten und zweiten Spalte haben, und dies für jeden Muskel stets das nämliche sein. Hrn. Budge's Voraussetzung findet sich nur am Rectus internus öfter, nämlich 13 Mal auf 20, insofern erfüllt, als die vier Zahlen dasselbe Vorzeichen haben; doch ist dies 7 Mal das positive, 6 Mal das negative. Am Sartorius kommt dasselbe Verhalten nur 5, am Semimembranosus 3, am Adductor magnus 2 Mal auf 20, auf 80 Mal also im Ganzen nur 23 Mal vor.

Nach dem Gesetz des Muskelstromes sollte die obere Zahl in der dritten Spalte stets negativ, die untere stets positiv sein. Am Adductor magnus, und ebenso am Semimembranosus, trifft dies 17 auf 20 Mal, also sehr regelmässig, zu. Minder günstig ist der Erfolg am Rectus internus, wo

nur 3, und am Sartorius, wo nur 9 Mal die Vertheilung der Zeichen die erwartete ist; sie ist es auf 80 Mal im Ganzen nur 46 Mal. Man wird aber sehen, dass hieraus so wenig etwas wider das Gesetz des Muskelstromes folgt, als aus dem zuerst erwähnten, scheinbar Hrn. Budge günstigen Zusammentreffen etwas für dessen Lehre.

III. sollte, nach Hrn. Budge, zwischen einem beliebigen Längsschnittspuncte und den beiden sehnigen Enden ein Strom auch noch immer in der nämlichen Richtung erfolgen, wie zwischen den sehnigen Enden, symmetrischen und asymmetrischen Längsschnittspuncten. Mit anderen Worten, der obere und untere natürliche Strom sollen unter sich und mit den Strömen zwischen diesen Puncten einerlei Richtung haben. Dieser Satz leugnet unmittelbar die Negativität der sehnigen Enden gegen den Längsschnitt, und ihr Verhalten als natürliche Querschnitte. Was daran ist, zeigt die vierte Spalte der IV. und V. Tabelle, in der die obere Zahl jetzt die mit dem oberen, die untere die mit dem unteren natürlichen Strom erhaltene Ablenkung ist. Der Längsschnittspunct war der Aequator. Nach dem Gesetz muss die obere Zahl wieder negativ, die untere positiv sein. Auf 20 Mal zeigen sich hiervon am Adductor magnus keine einzige, am Semimembranosus 2, am Rectus internus 5, am Sartorius 8, auf 80 Mal also im Ganzen nur 15 Ausnahmen. Dem Gesetz nach sollen die Ablenkungen jetzt grösser sein, als da statt des natürlichen Querschnittes ein diesem naher Längsschnittspunct auflag. Betrachtet man, wie man darf, das Abnehmen einer negativen Wirkung als gleichwerthig mit dem Wachsen einer positiven, so bieten unsere Tabellen von diesem Satze auf 20 Versuche am Adductor magnus keine einzige, am Rectus internus 4, am Sartorius 6, am Semimembranosus 9, auf 80 Mal also im Ganzen 19 Ausnahmen. An den beiden letzteren Muskeln betreffen diese Ausnahmen fast alle das untere Ende, und erklären sich leicht aus dessen abweichendem Bau. Ein dem unteren Ende naher Punct ist hier kein reiner Längsschnitt, und ebenso wenig ist das Ende selber der

natürliche Querschnitt sämmtlicher Bündel. Der bandförmige Sartorius ist unten durch seinen natürlichen Querschnitt schräg abgeschnitten, so dass an seinem äusseren Rande seine Fasern fast um ein Drittel länger sind, als an seinem inneren. Der Semimembranosus setzt in einem grossen Theil seiner Länge von unten nach oben neue Fleischbündel an, die von den beiden Seiten eines an seinem äusseren Umfange emporsteigenden Sehnenstreifens entspringen. Er ist also im Grunde ein doppeltgefiederter Muskel, nur dass die in ungleicher Höhe entsprungenen Bündel sämmtlich bis zu seinem oberen Ende reichen, daher er oben viel dicker ist als unten. Es würde uns an dieser Stelle zu weit führen, die Folgen zu erörtern und in der Wirklichkeit nachzuweisen, welche nach der Theorie der Neigungsströme diese Anordnungen am unteren Ende des Sartorius und Semimembranosus haben müssten. Hier genügt die Einsicht, dass jedenfalls an diesem Ende, im Vergleich mit einem regelmässig gebauten, der Spannungsunterschied zwischen dem Aequator und einem dem Ende nahen Puncte nur wenig wachsen kann, wenn letzterer mit dem Ende selber vertauscht wird. Da aber der Sartorius mit seiner unteren spitzen Sehne, der Semimembranosus mit seinem knorpeligen Hufeisen aufgelegt einen ansehnlich grösseren Widerstand haben, als mit einem dem unteren Ende nahen Punct, so versteht man, wie zuweilen, statt einer Verstärkung, eine Schwächung des Stromes die Folge dieser Veränderung sei.

Dass nach dem Allen von Hrn. Budge's Deutung der Ströme am unversehrten Muskel die Rede nicht sein könne, ist klar. Es fragt sich aber, wie sich von unserem Standpuncte jene 15 Fälle auf 80 rechtfertigen lassen, in denen der untere natürliche Strom nicht auf-, oder der obere nicht absteigt, so wie die auch nicht ganz seltenen, wo der eine dieser Ströme Null ist.

Zuerst ist ein Bezug aufzudecken, der sich zwischen den Zahlen der ersten und denen der vierten Spalte kundgiebt. Die beiden Zahlen der vierten Spalte, die gleich und entgegengesetzt sein sollten, sind stets mehr oder weniger un-

gleich; häufig mehr und in einem anderen Sinne, als es, bei gleicher Negativität der beiden natürlichen Querschnitte, wegen verschiedenen Widerstandes der oberen und unteren Muskelhälfte der Fall sein könnte. Die Zahl der ersten Spalte aber hat fast ausnahmslos, 76 Mal auf 80, dasselbe Vorzeichen, wie die grössere jener beiden Zahlen. Die beiden natürlichen Querschnitte sind also sichtlich verschieden negativ gegen den Längsschnitt, und demgemäss ist auch der minder negative positiv gegen den negativeren. Es ist denn auch nicht etwa stets das nämliche Ende des Muskels das negativere, sondern die Fälle, wo das obere und die, wo das untere vorwiegt, sind fast genau ebenso vertheilt, wie die Vorzeichen in der ersten Spalte (s. oben S. 675).

Man könnte diese Erscheinung einfach auf eine Gestaltverschiedenheit der beiden Enden deuten. Es kann aber auch, wie schon bemerkt, jetzt an verschiedene Parelektronomie dieser Enden gedacht werden. Diese Meinung lässt sich dadurch prüfen, dass man die Muskeln einem entwikkelnden Bade unterwirft. Setzt man gleiche Gestalt der beiden Querschnitte voraus, so nähert sich durch die Zerstörung der parelektronomischen Schicht die Negativität der beiden Querschnitte derselben Grenze, nämlich der Negativität eines gleich schrägen künstlichen Querschnittes. Es muss also der minder negative Querschnitt dabei mehr an Negativität zunehmen, als der von Hause aus negativere.

Um dies zu erproben, tauchte ich die Muskeln, welche zu den Versuchen in den vier ersten Spalten der fünften Tabelle gedient hatten, 5″ lang in gesättigte Kochsalzlösung, spülte sie mit Wasser ab, und trocknete sie zwischen Fliesspapier. Die 5. Spalte der Tabelle zeigt die durch den oberen und unteren natürlichen Strom nach dem Bade erhaltenen Wirkungen, die 6. den Unterschied zwischen den zusammengehörigen Zahlen der 4. und 5. Spalte, d. h. die durch das Bad bewirkte Veränderung.

Bei Betrachtung dieser Zahlen kann es auffallen, dass die Folge des Bades nicht stets eine Verstärkung des natürlichen Stromes der beiden Enden ist. Auf 10 Mal 3 Mal am Rec-

tus internus, 4 Mal am Sartorius, 1 Mal am Adductor magnus, 4 Mal am Semimembranosus, im Ganzen 12 Mal auf 40, wurde der Strom des einen Endes geschwächt, statt verstärkt. Um dies zu verstehen, muss man sich erinnern, dass auf die entwickelnde Wirkung, welche die Aetzmittel durch Zerstörung der parelektronomischen Schicht ausüben, eine schwächende Wirkung folgt. Die Negativität des natürlichen Querschnittes gegen den Längsschnitt steigt unter dem Einfluss der Kochsalzlösung schnell an, erreicht ein Maximum, und sinkt dann ziemlich rasch wieder herab; wenn vor der Benetzung nur geringe Parelektronomie bestand, leicht bis zu einem Werthe unterhalb der ursprünglichen Negativität. Es ist daher etwas ganz anderes, ob man den Sehnenspiegel eines im Kreise befindlichen Muskels mit Kochsalzlösung benetzt, oder ob man so verfährt, wie es hier geboten war. Dort kann sich, bei richtiger Leitung des Versuches, die vorübergehende Stromverstärkung der Beobachtung kaum entziehen. Hier dagegen war das Maximum der Stromstärke schon vorüber, ehe der Muskel zur Prüfung gelangte, und bei geringer Parelektronomie des betreffenden Muskelendes wurde die Stromstärke um so leichter bereits unter ihrem ursprünglichen Werthe angetroffen, als die von der Lösung durchdrungene Schicht am Längsschnitt eine schwächende Nebenschliessung bildet. Zu dieser Zeit aber kann der Strom eines ursprünglich stark parelektronomischen Muskelendes noch bedeutend verstärkt sein. Diese Erklärung setzt, wie man sieht, voraus, dass die Schwächung durch das Kochsalzbad ausschliesslich oder vorzugsweise am ursprünglich negativeren Ende vorkomme; und wirklich trifft dies unter jenen 12 Malen 9 Mal zu. Die Fälle dieser Art bestätigen also vielmehr schon unsere Vorhersage, insofern als die Abnahme des Stromes durch das Bad einer geringeren Zunahme gleichzusetzen ist.

Danach zeigt sich auf 10 Mal am Rectus internus 8, am Sartorius 10, am Adductor magnus 8 Mal, auf 30 Mal also im Ganzen 26 Mal das erwartete Verhalten, eine Regelmässigkeit, wie sie gewiss nicht grösser zu verlangen ist,

wo zarte Muskeln einem so heftigen Eingriff preisgegeben werden.

Es beruht daher wohl auf besonderen Umständen, dass am Semimembranosus nur 4 Mal auf 10 unsere Regel sich bewährt. Hier ist auf 20 Mal der untere natürliche Strom 16 Mal der schwächere. Zum Theil rührt dies vom grösseren Widerstande des unteren Endes her. Da aber der oben S. 679. 680 gegebenen Regel gemäss der Muskel zwischen sehnigen Enden fast stets absteigend wirkt, so ist das untere Ende wirklich meist das positivere, und bleibt es auch nach dem entwickelnden Bade. Dies hat seinen Grund unstreitig in dem oben S. 679 besprochenen Bau des unteren Endes, der entfernt an den des oberen Endes am Gastroknemius erinnert. Entweder ist am Semimembranosus das untere Ende bei gleicher Parelektronomie wegen seines verschiedenen Baues minder negativ als das obere; oder es ist für gewöhnlich parelektronomischer, und der Entwickelung weniger zugänglich: wie es denn sinnlos wäre, zu erwarten, dass ein Kochsalzbad das obere Ende des Gastroknemius negativer mache.

Ist unsere Auffassung die richtige, so muss man nach dem Bade von den mit den beiden sehnigen Enden aufgelegten Muskeln Wirkungen erhalten, die sich ebenso aus der veränderten Negativität jener Enden herleiten lassen, wie die Wirkungen vor dem Bade aus der ursprünglichen Negativität der Enden. Das Ergebniss dieser Versuche findet sich in der 7. Spalte der Tabelle. Es fällt auf 10 Mal am Rectus internus 9, am Sartorius 8, am Adductor magnus 4, am Semimembranosus 8 Mal, im Ganzen auf 40 Mal 29 Mal, unseren Schlüssen günstig aus. Mit der Abnahme des Unterschiedes zwischen oberem und unterem Strome nimmt auch der Strom zwischen den sehnigen Enden ab, mit der Umkehr seines Zeichens kehrt er sich um, u. s. w.

Wir dürfen es also als ausgemacht ansehen, dass eine wesentliche Ursache des Stromes zwischen sehnigen Enden, und des Unterschiedes zwischen oberem und unterem natürlichen Strom, soweit dieser Unterschied nicht vom Wider-

stande herrührt, in der verschiedenen Parelektronomie der beiden Enden zu suchen ist.

Dies sind beiläufig die Erfahrungen, auf die oben S. 613 hingewiesen wurde, um die verschiedene Parelektronomie der beiden Enden der Gastroknemiusbündel annehmbar zu machen.

In den Strömen zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten darf man jetzt eine Componente vermuthen, welche, als ein Zweig des in der geschwächten oder unwirksamen Schicht kreisenden Stromes, von dem positiveren Ende durch den Bogen nach dem negativeren fliesst. Sind die beiden Enden ungleich parelektronomisch, so ist das von Hrn. Budge behauptete Verhalten, anstatt gegen das Gesetz zu streiten, vielmehr ganz in der Ordnung. In den 48 Fällen auf 80, in welchen der Strom zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten mit dem zwischen sehnigen Enden gleiche Richtung zeigte (s. oben S. 677), können wir eine Andeutung dieses gesetzmässigen Verhaltens sehen.

Umstände, welche dasselbe oft verdecken, lassen sich mindestens zwei denken. Verjüngt sich bei gleicher Negativität der Querschnitte die unwirksame Schicht am Umfange des Muskels vom Ende *A* nach dem *B* hin, so muss in einem, symmetrischen Längsschnittspuncten angelegten Bogen ein Strom von *B* nach *A* kreisen. Aehnliches kann hier stattfinden, da dann dieser Strom sich mit dem Strome wegen ungleicher Negativität der beiden Querschnitte algebraisch summirt. Zweitens wäre es wohl wunderbar, wenn alle Querscheiben des Muskels, und alle Elemente einer Querscheibe, gleich stark elektromotorisch wirkten. Giebt es aber hierin Unterschiede, so ist ein zureichender Grund für die mannigfaltigsten Störungen vorhanden; gerade wie dergleichen an einem Magnetstabe durch ungleiche Coërcitivkraft des Stahles oder durch Fehler beim Streichen entstehen.

Aus demselben Gesichtspuncte sind vorläufig die Fälle zu beurtheilen, wo zwischen einem dem Aequator und einem dem sehnigen Ende benachbarten Puncte der Strom die falsche Richtung zeigt, während er mit dem Ende selber im

richtigen Sinne erscheint. Fremdartiger und, wie schon bemerkt, unserer ganzen Aufmerksamkeit werth sind die Fälle, wo zwischen dem Längsschnitt und dem sehnigen Ende selber der natürliche Strom verkehrt ist, d. h. wo sich letzteres gegen ersteren positiv verhält.

Ich habe, ausser den in der Tabelle verzeichneten Beispielen, noch viele andere von demselben Verhalten beobachtet. Meist betrafen sie, wie die in der Tabelle, das untere Ende des Rectus internus und des Sartorius. Doch habe ich auch das obere Ende gesetzwidrig elektromotorisch gefunden; ja es kommt vor, dass beide Enden positiv, statt negativ, gegen den Längsschnitt sind. Sartorius III. *A.* in Tab. IV. bietet ein Beispiel hiervon; ein anderes ist folgendes: Zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten gab ein Sartorius + 5, zwischen einem dem Aequator und einem dem oberen Ende benachbarten Puncte + 40, zwischen dem Aequator und einem dem unteren Ende benachbarten − 13 Sc. Ablenkung. Das obere Ende selbst mit dem Längsschnitt zusammen gab + 19, das untere − 15 Sc. In diesen, allerdings sehr seltenen Fällen ist also eine völlige Umkehr des gesetzlichen Verhaltens des unversehrten Muskels eingetreten.

Das Dasein solcher Fälle macht es an sich schon wahrscheinlich, dass, wenn das ungesetzliche Verhalten auf das eine Ende beschränkt bleibt, dies nicht daher rührt, dass ein der Muskelaxe entlang fliessender Eigenstrom den natürlichen Muskelstrom überwiegt, sondern einfach daher, dass das betreffende Ende so stark parelektronomisch ist, dass es sich positiv, statt negativ, gegen den Längsschnitt verhält. Dies wird dadurch bestätigt, dass mit seltenen Ausnahmen ein entwickelndes Bad hinreicht, um beiden Enden im Nu das gesetzmässige Verhalten zu ertheilen. Die Tab. V. zeigt dies für den Fall nur eines positiven Endes. In dem eben angeführten Fall am Sartorius, wo beide Enden positiv waren, erhielt ich nach dem Bade mit dem oberen Ende − 79, mit dem unteren + 114 Sc.

Wir sind so zu einer an sich werthvollen Erweiterung unserer Kenntniss des parelektronomischen Zustandes gelangt.

Eine solche Parelektronomie, dass das gesetzmässige Verhalten des natürlichen Querschnittes dabei umgekehrt wird, war mir am Gastroknemius, an dem ich die Parelektronomie bisher vorzüglich studirt hatte, nur nach Einwirkung höherer Kältegrade vorgekommen [1]). Jetzt zeigt es sich, dass auch ohne nachweisbare Ursache, insbesondere ohne Kälte — die obigen Versuche wurden im August angestellt — an einem oder auch an beiden Enden des Muskels zuweilen jener merkwürdige Zustand angetroffen wird.

Es haben sich bei dieser Gelegenheit noch mehrere Umstände ergeben, die auf die Beschaffenheit des natürlichen Querschnittes weiteres Licht zu werfen versprechen. Es kommt zuweilen, wenn gleich äusserst selten, vor, dass das oberflächliche Anätzen des natürlichen Querschnittes durch eine entwickelnde Flüssigkeit dem Querschnitt seine gesetzmässige Negativität nicht ertheilt. Erst das Messer legt einen gegen den Längsschnitt stark negativen Querschnitt blos. Ein einziges Mal habe ich aber auch gesehen, dass ein dem oberen sehnigen Ende des Rectus internus sehr nahe angelegter Schnitt sich schwach positiv, statt negativ, gegen den Längsschnitt verhielt. Sehr regelmässig findet man hingegen, wenn man die sehnigen Enden dieses Muskels oder des Sartorius in dünnen Scheiben abträgt, und jedesmal die Negativität des Querschnittes gegen den Längsschnitt prüft, dass diese Negativität zuerst ansehnlich kleiner ausfällt, als nachdem man ein Stück von mehreren Millimetern Länge entfernt hat. Ein Querschnitt aus der mittleren Gegend der Muskeln ist fast stets negativ gegen einen Querschnitt in unmittelbarer Nähe eines sehnigen Endes. An den dickeren Muskeln, dem Adductor magnus und Semimembranosus, fand ich nur eine Andeutung desselben Verhaltens. Man kann aber hier nicht, wie an den dünneren Muskeln, einen Schnitt führen, der sämmtliche Bündel in gleichem und möglichst kleinem Abstand von ihrem Ende trifft.

---

1) Monatsberichte der Berliner Akademie. 1851. S. 392; — Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 38.

In meinen „Untersuchungen“ habe ich gezeigt, wie sich sämmtliche Erscheinungen der Parelektronomie durch die Annahme erklären, dass auf einen Theil der Längsreihen peripolarer Gruppen, woraus der Muskel besteht, eine ihren positiven Pol in's Freie kehrende dipolare Molekel aufgesetzt ist[1]). Diese Annahme haben wir, um sie den Neigungsströmen anzupassen, oben S. 606 dahin abgeändert, dass ein Theil der die Grenzschicht bildenden dipolaren Molekeln um 180° gedreht sei. Der Sinn hiervon ist aber natürlich nur[2]), dass schon eine solche Annahme hinreicht, um die Parelektronomie zu verstehen. Indem sie zeigt, wie eine Schicht von verschwindender Dicke der ganzen übrigen Muskelmasse elektromotorisch das Gleichgewicht hält, ja sie überwiegt, macht sie begreiflich, wie der oberflächlichste Angriff dem natürlichen Querschnitt die ihm zukommende Negativität ertheilt. Deshalb ist aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die veränderte Anordnung der elektromotorischen Bestandtheile, auf der die Parelektronomie beruht, sich, elektromotorisch mit dem gleichen Erfolg, über eine Strecke des Muskels von merklicher Länge ausdehne. Dies scheint nun bei den sehnigen Enden der langen und dünnen Oberschenkelmuskeln, des Rectus internus und Sartorius, wirklich der Fall zu sein. Die Parelektronomie dieser Enden ist nicht, gleich der des Achillesspiegels, einer Schicht von unfassbarer Dicke zuzuschreiben, sondern einer Strecke von oft mehreren Millimetern Länge. Erst nachdem diese abgetragen ist, zeigt der Querschnitt seine volle Negativität.

Die einfachste Annahme hinsichtlich der Anordnung der elektromotorischen Bestandtheile in der parelektronomischen Strecke, wie es jetzt heissen muss, ist, dass darin lose dipolare Molekeln, den positiven Pol dem nahen Ende des Muskels zugekehrt, liegen. Ist diese Annahme richtig, so muss in dem Falle, wo nach Abschneiden des sehnigen Endes der künstliche Querschnitt des Muskels sich positiv ge-

1) A. a. O. S. 89. 90; — Monatsberichte u. s. w. A. a. O. S. 393. 394.
2) Untersuchungen u. s. w. A. a. O. S. 91.

gen den Längsschnitt verhält, der künstliche Querschnitt des abgeschnittenen Endes sich negativ gegen den Längsschnitt und den natürlichen Querschnitt verhalten. Leider ist in dem einzigen Falle der Art, der mir begegnete, die Untersuchung hierauf missglückt, weil das abgeschnittene Ende zu kurz und keine Zuleitungsröhre mit Thonspitze in Bereitschaft war. Seitdem habe ich Hunderte von Sartorii und Recti interni, auch von erkälteten, ja von erfrorenen Fröschen, vergeblich darauf geprüft, ob ein hart am sehnigen Ende angelegter Querschnitt sich positiv verhalte; jene Gelegenheit ist nicht wiedergekehrt.

Bei meinen früheren Auseinandersetzungen über die parelektronomische Strecke war ich ausser Stande, die elektromotorische Eigenthümlichkeit der Enden der Muskelbündel mit einem anatomischen Verhalten auch nur vermuthungsweise in Zusammenhang zu bringen. Jetzt liegt es nahe, sich hier zu erinnern, dass nach Hrn. Kühne dieselben Strecken des Sartorius, die wir als parelektronomisch zu bezeichnen Grund fanden, nervenlos sind[1]). Man könnte sich denken, dass am Ende der kurzen und energischen Gastroknemiusbündel die nervenlosen Strecken kürzer ausfallen, und dass deshalb auch die parelektronomische Strecke daran zur blossen Schicht wird. Freilich fehlt es noch an einer Vorstellung, wie Nervenlosigkeit Parelektronomie bedinge, und man kann die anatomische Grundlage der letzteren auch einfach darin sehen, dass am Ende des Muskelbündels die contractile Substanz aufhört. Man kann sich z. B. recht gut denken, dass gewisse Vorgänge, die sich bei der Verkürzung von den gereizten Stellen aus im Bündel fortpflanzen[2]), in dessen Verlaufe keine Spur hinterlassen, weil in jeder Querscheibe die Störung auf Kosten der folgenden Scheibe sich ausgleicht, dass aber am Ende des Bündels eine ver-

1) Dieses Archiv, 1859. S. 568.

2) Aeby, Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in der quergestreiften Muskelfaser, Braunschweig 1862. S. 69 ff.

änderte Anordnung hinterbleibt, weil hier die Möglichkeit jener Ausgleichung abgeschnitten ist.

Wie dem auch sei, es wird nicht leicht mehr ein Zweifel darüber obwalten, dass mit Berücksichtigung der Parelektronomie das elektromotorische Verhalten des natürlichen Querschnittes mit dem des künstlichen übereinstimmt, wie es das Gesetz des Muskelstromes verlangt.

IV. sollte, nach Hrn Budge, der mit zwei künstlichen Querschnitten aufliegende Muskel den Strom auch noch stets in dem Sinne geben, wie zwischen den sehnigen Enden u. s. w.

Nachdem gezeigt ist, dass die elektromotorischen Wirkungen am unversehrten Muskel wesentlich von der Parelektronomie seiner sehnigen Enden abhängen, bedarf dieser Satz im Grunde keiner Widerlegung mehr, und dasselbe gilt von den beiden noch übrigen Sätzen, insofern darin gleichfalls nach Entfernung der sehnigen Enden ein Bezug angenommen wird zwischen deren Spannungsunterschied und dem anderer Puncte des Muskels. Wir wollen indess fortfahren, abgesehen von jeder Induction, Hrn. Budge Satz für Satz rein thatsächlich des Irrthums zu überführen.

(I.) Was erstens den Strom zwischen symmetrischen künstlichen Querschnitten betrifft, so bieten die 5. Spalte der IV. und die mit I. bezeichnete 3. Spalte der VI. Tabelle die Mittel zur Prüfung von Hrn. Budge's Lehre dar. Nur am Semimembranosus kann danach von deren Bestätigung die Rede sein. Zwischen symmetrischen künstlichen Querschnitten giebt dieser Muskel, wie zwischen sehnigen Enden, fast stets einen absteigenden Strom, dessen sehr wechselnde Stärke jedoch nie auch nur ein Drittel der Stärke des unteren Stromes beträgt, der hier stets dem oberen Strome bedeutend nachsteht. Diese Thatsache ist aber nicht etwa neu, und ich bin nicht erst durch Hrn. Budge darauf geführt worden. Vielmehr stand sie, nebst ihrer Erklärung, auf die wir zurückkommen werden, in meinem Werke dreizehn Jahre gedruckt [1]), ehe Hr. Budge an-

1) A. a. O. Bd. I. 1848. S. 497. 713.

fing, sich mit dem Muskelstrom zu beschäftigen. Unter den übrigen Muskeln zeigen der Rectus internus und der Adductor magnus gleichfalls eine ausgesprochene Beständigkeit der Stromrichtung zwischen symmetrischen Querschnitten. Während aber der Rectus internus zwischen sehnigen Enden öfter absteigend wirkt (siehe oben S. 676), wirkt er hier öfter aufsteigend, 22 Mal auf 30, und nur 9 Mal auf 20 ist die Stromrichtung zwischen symmetrischen Querschnitten dieselbe wie zwischen sehnigen Enden. Und während der Adductor magnus zwischen sehnigen Enden öfter aufsteigend wirkt, wirkt er hier öfter, ja mit grosser Regelmässigkeit, 24 Mal auf 30, absteigend, und nur 6 Mal auf 20 ist die Stromrichtung zwischen symmetrischen Querschnitten dieselbe wie zwischen sehnigen Enden. Der Sartorius, der zwischen sehnigen Enden so entschieden absteigend wirkt, wirkt zwischen symmetrischen Querschnitten nur 16 Mal auf 30 absteigend, und nur 8 Mal auf 20 ist die Stromrichtung dieselbe bei beiden Anordnungen.

Nachdem mit jedem Muskel die in den drei ersten Spalten der VI. Tabelle verzeichneten Versuche gemacht waren, wurden, durch Abtragung einer gleich dicken Schicht an jedem Ende, zwei neue symmetrische Querschnitte hergestellt, und die Wirkung zwischen diesen erprobt. Dies wurde so oft wiederholt, bis zuletzt nur noch ein aus der Mitte des Muskels geschnittenes Stück übrig blieb, welches nicht mehr zu verkürzen ging. Natürlich trat diese Grenze an den dikken Muskeln früher ein als an den dünnen. Die Ergebnisse dieser Versuche hat man in den mit II., III., IV., V. bezeichneten Spalten der Tab. VI. vor sich. Sie weichen nicht sehr ab von den an den unverkürzten Muskeln gewonnenen. Der Semimembranosus und der Adductor magnus fahren fort, sehr beständig absteigend zu wirken; weniger sicher behält der Rectus internus seine aufsteigende Wirkung bei. Am Sartorius wechseln positive und negative, grosse und kleine Ausschläge mit einander ab, ohne irgend einen Bezug zu verrathen.

Nach Hrn. Budge sollte, in dem Maasse wie der Mus-

kel verkürzt wird, die Eigenstrom-Spannung abnehmen. Die Versuche sind nicht geeignet, diese Behauptung zu prüfen, weil darin auch der Widerstand abnahm. Doch ist auffallend, dass selbst bei den dicken Muskeln, wo die Veränderung des Gesammtwiderstandes des Kreises, in Anbetracht der Thonschilder, nur klein war, sich von jenem Verhalten nichts blicken lässt.

(2.) Aber der Budge'sche Satz sollte zweitens nicht allein zwischen symmetrischen Querschnitten, sondern auch zwischen solchen in beliebiger Höhe gelten. Diese Behauptung wird durch Tab. VII. vollständig widerlegt. Hier entsprechen jedem Muskel drei Zahlen. Die vor der Klammer befindlichen Zahlen sind die Ablenkungen zwischen künstlichen Querschnitten, die den sehnigen Enden nahe angelegt wurden, und geben für sich Anlass zu denselben Wahrnehmungen, wie die so eben betrachteten gleichbedeutenden Zahlen der IV. und VI. Tabelle. Darauf wurde der Muskel durch einen dritten Querschnitt in zwei Abschnitte getheilt, und diese Abschnitte wurden nach einander mit ihren künstlichen Querschnitten aufgelegt. Die obere Zahl hinter der Klammer gehört dem oberen, die untere dem unteren Abschnitt. Der dritte Querschnitt wurde bei den drei ersten Fröschen in der geometrischen Mitte, bei den zwei letzten im Hilus angebracht. Man sieht, dass auch hier sich nichts den Budge'schen Behauptungen Entsprechendes herausstellt. Danach sollte der Strom in beiden Abschnitten stets gleichgerichtet sein; dies ist auf 40 Mal nur 18 Mal der Fall. Er sollte in beiden Abschnitten dieselbe Richtung haben wie im unzertheilten Muskel; dies trifft nur 13 Mal zu. Nur der obere Abschnitt des Rectus internus, und der untere des Semimembranosus, zeigen noch beständig, jener den auf-, dieser den absteigenden Strom. Am Sartorius macht sich schlechterdings kein Gesetz bemerkbar. Am Adductor magnus fällt auf, dass während dieser Muskel, zwischen symmetrischen Querschnitten, meist absteigend wirkt, in seinem unteren Abschnitt regelmässig der Strom aufsteigt; der Strom des oberen Abschnittes gehorcht keinem erkennbaren Gesetz. Ob die Muskeln in der Mitte

ihrer Länge oder im Hilus zerschnitten sind, scheint ganz gleichgültig. Dagegen haben wir oben S. 685 bereits erfahren, dass es nicht gleichgültig ist, ob der Querschnitt dem sehnigen Ende so nahe wie möglich oder in passendem Abstand angelegt wird. Im ersten Falle findet man aus dem angegebenen Grunde häufig den Strom in dem oberen Abschnitt auf-, in dem unteren absteigend.

Tab. VIII. beantwortet die Frage, welche sich hier aufdrängte, wie sich ein alter und ein frischer Querschnitt elektromotorisch zu einander verhalten. Diese Tabelle gleicht der vorigen, nur dass die Beobachtung mit dem ungetheilten Muskel wegblieb. Nachdem den sehnigen Enden nahe künstliche Querschnitte angelegt waren, liess ich den Muskel 6, 16, 23 Stunden im feuchten Raume bei mittlerer Temperatur liegen, schnitt ihn dann in der Mitte quer durch, und legte nach einander die obere und die untere Hälfte einerseits mit dem alten, andererseits mit dem frischen Querschnitt auf. In den beiden letzten Versuchen reagirten die alten Querschnitte deutlich sauer [1]). Entstände durch das verschiedene Alter der Querschnitte ein elektromotorischer Unterschied, stark genug, um sich inmitten der sonst hier auftretenden Zufälligkeiten geltend zu machen, so würde sich dies darin äussern, dass alle oberen Zahlen das eine, alle unteren das andere Vorzeichen hätten. Unter den 23 oberen Zahlen (ein Versuch am Sartorius ging verloren) sind 14 negativ, unter den 23 unteren ebenso viel positiv. Doch ist hierauf kaum etwas zu geben, da am Sartorius keine einzige untere Zahl positiv ist, und der Ausschlag nur vom Adductor magnus herrührt, dessen unterer Abschnitt auch bei gleicher Frische der beiden Querschnitte aufsteigend wirkt. Dazu kommt, dass die Regelmässigkeit in der Vertheilung der Vorzeichen mit dem Altersunterschied der Querschnitte nicht zunimmt, und dass in mehreren Versuchen das Anfrischen

1) De Fibrae muscularis Reactione ut Chemicis visa est acida. Auct. Aem. du Bois-Reymond. Berol. MDCCCLIX. 4o. p. 14; — Monatsberichte der Berliner Akademie. 1859. S. 297.

des alten Querschnittes die Wirkung unverändert liess. Auf alle Fälle ist gewiss, dass bei den gegenwärtigen Prüfungen der Altersunterschied der Querschnitte, der sich nur auf Minuten oder gar Secunden beläuft, nichts zu sagen hat.

V. sollte, nach Hrn. Budge, der durch zwei künstliche Querschnitte begrenzte Muskel zwischen beliebigen Längsschnittspuncten auch noch stets einen Strom in demselben Sinne geben, wie zwischen sehnigen Enden, welcher Strom sich zu den schwachen Strömen des Längsschnittes algebraisch hinzufügt.

Tab. IV. lehrt, dass auch hieran nichts ist. Die 6. Spalte enthält die mit symmetrischen Längsschnittspuncten an den durch zwei senkrechte Querschnitte begrenzten Muskeln erhaltenen Ablenkungen. Auch die einzelne, zu jedem Muskel gehörige Zahl in Tab. IX. hat dieselbe Bedeutung. Von einer Regelmässigkeit, wie Hrn. Budge's Theorie sie verlangt, zeigen diese Beobachtungen an und für sich keine Spur; und nur 25 Mal auf 40 fällt die Stromrichtung zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten zusammen mit der zwischen sehnigen Enden.

Die obere Zahl in der 7. Spalte von Tab. IV. wurde erhalten, als bei unveränderter Spannweite der eine Ableitungspunct möglichst nahe an den oberen künstlichen Querschnitt verlegt wurde, die untere, als dasselbe mit dem unteren Ableitungspuncte geschah. Nach dem Gesetze des Muskelstromes soll jene negativ, diese positiv sein. Jene ist auf 10 Mal am Rectus internus negativ 8, am Adductor magnus 9, am Sartorius und Semimembranosus 10 Mal; diese am Rectus internus positiv 8, am Sartorius 9, am Adductor magnus und Semimembranosus 10 Mal. Dem Zeichen nach entsprechen also beide zusammen dem Gesetz im Ganzen 74 auf 80 Mal. Nach dem Gesetze sollten die oberen und unteren Zahlen gleich sein; nach Hrn. Budge sollten sie ungleich sein, und der Unterschied dasselbe Zeichen haben, wie der Strom zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten u. s. w. Die Tabelle lehrt, dass die Zahlen oft sehr un-

gleich sind, und dass 27 Mal auf 40 das Zeichen ihres Unterschiedes wirklich eins ist mit dem jenes Stromes. Wir werden aber sehen, dass hierin nichts für Hrn. Budge Günstiges liegt, insofern dies beiden gemeinsame Zeichen seiner Theorie widerspricht (vergl. unten S. 698).

VI. und schliesslich sollte, nach Hrn. Budge, der künstliche Strom, wenn er mit dem angeblichen Eigenstrom zwischen den sehnigen Enden u. s. w. gleiche Richtung hat, stärker sein, im anderen Falle schwächer.

Dies ist, wie man sich entsinnt, Hrn. Budge's Hauptsatz, den er auf die übrigen Muskeln vom Gastroknemius übertragen hat, wo zwar etwas der Art wirklich geschieht, aber, wie wir sahen, ganz anders zu deuten ist. Zur Beurtheilung dieses Satzes bieten die Tabellen IV., VI., IX. und X. das erforderliche Material. In der 8. Spalte von Tab. IV., der 2. von Tab. VI., ferner überall in Tab. IX. ist die obere Zahl die mit dem oberen, die untere die mit dem unteren künstlichen Strom erhaltene Ablenkung, so dass für jeden der vier Oberschenkelmuskeln 30 solche Versuche vorliegen. In Tab. X. sind die beiden zu jedem Muskel gehörigen Zahlen die obere und untere Stromspannung [1]). Der abgeleitete Längsschnittspunct war stets der Aequator.

Man sieht zunächst, dass in den 422 Versuchen an regelmässigen Muskeln, worin Längsschnitt mit künstlichem Querschnitt zum Kreise geschlossen wurde, kein einziges falsches Zeichen vorkommt, auch nicht, wo der Querschnitt schräg war, wie in der I. und II. Tabelle; und in der That ereignet sich dies unter den gewöhnlichen Umständen nie. Was

1) Die Maasskette war ein für jeden Versuch frisch gefüllter grösserer Grove. Bei der dauernden guten Schliessung war es nicht zu verhindern, dass die Kraft der Maasskette während der zwei Stunden, die über die 32 Messungen an jedem Frosch ungefähr hingingen, um ein paar Hundertel sank. Eine Berichtigung deshalb anzubringen, schien der Mühe nicht werth, da der Punct, worauf es hier ankommt, das Verhältniss nämlich des oberen und des unteren Stromes an den einzelnen Muskeln, dadurch nicht merklich berührt wurde.

die Grösse der oberen und unteren Wirkungen betrifft, so gewährt folgende Tabelle einen Ueberblick der Mittel aus den 30 Versuchen der Tab. IV., VI. und IX., und den 10 der Tab. X.

	Auf 30 Mal überwiegt:	Mittlere obere Stromstärke.	Mittlere untere Stromstärke.	Deren Verhältniss	Mittlere obere Stromspann.	Mittlere untere Stromspann.	Deren Verhältniss.
R. int.	Unt. Str. 27 Mal	−52,3	+86,0	−1,000:+1,645	−153,7	+202,8	−1,000:+1,319
Sartor.	Ob. Str. 16 Mal	−172,1	+165,9	−1,037:+1,000	−303,0	+294,2	−1,030:+1,000
Add. m.	Ob. Str. 19 Mal	−295,9	+284,2	−1,041:+1,000	−376,5	+374,0	−1,007:+1,000
Semim.	Ob. Str. 30 Mal	−310,8	+218,2	−1,425:+1,000	−410,4	+365,3	−1,123:+1,000

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen des Hrn. Budge, so zeigen sich hinsichtlich der in den einzelnen Muskeln vorwiegenden Stromrichtung und des Verhältnisses zwischen den beiden Stromstärken solche Abweichungen, dass man schliessen muss, Hr. Budge habe nur zum Theil Richtiges gesehen, im Uebrigen sei er durch Fehler seiner Versuchsweise getäuscht worden. Lassen wir dies vorläufig auf sich beruhen, und halten wir uns an unsere eigenen Wahrnehmungen, so findet sich allerdings am Rectus internus ein Uebergewicht des unteren, an den drei anderen Muskeln des oberen Stromes, welches sich darin ausprägt, dass dort jener, hier dieser Strom öfter der stärkere ist, und dass das Mittel der Wirkungen des einen Stromes das des anderen übertrifft. Doch erreicht nur am Rectus internus und Semimembranosus das Uebergewicht eine in Betracht kommende Häufigkeit und Grösse. Am Sartorius und Adductor magnus beträgt es, der letzteren nach, nur wenige Procent, und wenn man am nämlichen Muskel mehrmals abwechselnd den oberen und unteren Strom misst, erscheint bald der eine, bald der andere stärker, so dass man den wirklich stärkeren nur dadurch erkennt, dass man das Mittel aus einer grösseren Anzahl von Versuchen nimmt (s. oben S. 674 675). Dabei fehlt

es, wie sich vorhersehen liess, an jedem Bezuge zwischen dem Sinn, in dem das Uebergewicht an unseren vier Muskeln im Mittel stattfindet, und der Stromrichtung zwischen sehnigen Enden. Zwar am Sartorius und Semimembranosus kommt auch zwischen sehnigen Enden der obere Strom häufiger vor, am Rectus internus aber der obere, am Adductor magnus der untere, so dass Hrn. Budge's Hauptsatz zweimal zutrifft und zweimal nicht.

Man übersieht nun bereits das Schicksal auch dieses Satzes. Das Ergebniss gestaltet sich dafür aber noch ungünstiger, wenn man von der Betrachtung der Stromstärken zu der der elektromotorischen Kräfte übergeht. Im einzelnen Falle sowohl als im Mittel von Beobachtungsreihen, wie Tab. X. sie darbietet, zeigt sich, dass zwar die beiden Stromspannungen in demselben Sinne von einander abweichen, wie die Stromstärken, aber zum Theil um ansehnlich kleinere Grössen. Der Unterschied der Spannungen am Adductor magnus z. B. ist im Mittel aus 10 Versuchen so klein, dass, um ihn auszudrücken, die Verhältnisszahlen haben müssen bis auf die vierte Stelle berechnet werden, eine Genauigkeit, welche sonst hier keinen Sinn hätte.

So bestätigt sich beiläufig, was oben S. 669 vom Vergleich der beiden künstlichen Ströme gesagt wurde, dass er an sich nichts lehre, was man nicht leichter durch Beobachtung des Stromes zwischen den künstlichen Querschnitten erfahre. Dieser Strom steht zum Unterschiede der beiden künstlichen Ströme in derselben Beziehung wie der Strom zwischen sehnigen Enden zum Unterschiede der beiden natürlichen Ströme (s. oben S. 679. 680). Die Häufigkeit des Vorkommens einer bestimmten Stromrichtung zwischen symmetrischen Querschnitten ist bei den verschiedenen Muskeln etwa die gleiche, wie die des Ueberwiegens des gleichgerichteten künstlichen Stromes. Zwischen symmetrischen Querschnitten hat auf 20 Mal der Strom am Rectus internus 16, am Sartorius und Adductor magnus 10, am Semimembranosus 19 Mal, auf 80 Mal im Ganzen 55 Mal, die gleiche Richtung mit dem stärkeren der beiden künstlichen Ströme. So wenig sich uns

eine Beziehung des Stromes zwischen symmetrischen Querschnitten zu dem zwischen sehnigen Enden offenbarte (s. oben S. 688 ff.), so wenig konnte also jetzt eine solche zwischen dem letzteren Strome und dem Unterschiede der beiden künstlichen Ströme hervortreten.

Abermals obliegt uns nun, nachdem die Budge'sche Deutung beseitigt ist, vom Standpuncte des Gesetzes des Muskelstromes die Erscheinungen zu rechtfertigen, welche, indem sie Hrn. Budge mehr oder minder entstellt zu Gesicht kamen, ihn zur Annahme des Eigenstromes veranlassten. Eine genauere Betrachtung unserer vier Muskeln führt zur Erklärung jener Erscheinungen wenigstens an zweien unter ihnen. Wir nennen diese vier Muskeln die mehr regelmässig gefaserten, und bedienen uns ihrer in Ermangelung besserer, obschon sie noch immer erhebliche Abweichungen von einer wahrhaft regelmässigen Gestalt zeigen. Der regelmässigste unter den vieren ist noch der Adductor magnus. Abgesehen davon, dass er oben ein wenig breiter und dünner ist als unten (vergl. oben S. 559), stellt er, durch zwei senkrechte Querschnitte begrenzt, annähernd wirklich einen Cylinder mit gestreckt elliptischer Basis dar, und auch seine sehnigen Enden sind sehr symmetrisch gebildet. Daher an diesem Muskel das Gesetz des Muskelstromes sich am reinsten ausprägt. Am Sartorius zeigt das untere sehnige Ende die oben S. 679 berührte Abweichung; durch zwei senkrechte Querschnitte begrenzt, nähert sich aber auch dieser Muskel der idealen, beim Gesetze gedachten Gestalt. Der Semimembranosus dagegen, dessen abweichender Bau bei der gleichen Gelegenheit zur Sprache kam, ist an seinem oberen, der Rectus internus an seinem unteren Ende dicker als an dem anderen. Es findet hier also statt, was wir oben S. 672 vorhersahen. Da der Widerstand der Muskeln, unter den gewöhnlichen Umständen, nicht gegen den des Kreises verschwindet, so liefern der Rectus internus und der Semimembranosus mit ihrem dickeren Abschnitt zwischen Aequator und Querschnitt ganz natürlich einen stärkeren Strom, als mit ihrem dünneren, und man dürfte hieraus noch nicht, wie Hr. Budge ohne Weiteres thut, auf ungleiche

Negativität der beiden Querschnitte schliessen. Die Beobachtung des Stromes zwischen den Querschnitten selber und die Messung der Spannungsunterschiede anstatt der Stromstärken lehrt indess, dass auch wirklich an beiden Muskeln der grössere Querschnitt öfter der negativêre ist. In Bezug auf den Semimembranosus habe ich schon in meinem Werke [1]) angegeben, dass dies auf die grössere elektromotorische Kraft dickerer Muskeln zurückzuführen sei, welche aus Tab. X. auf's Neue erhellt. Diese grössere Kraft selber war damals unerklärt. Jetzt leiten wir sie von der relativ kleineren Dicke der geschwächten oder unwirksamen Schicht an den dickeren Muskeln ab (s. oben S. 583. 584), und so lässt sich auch die grössere Negativität des oberen Querschnittes am Semimembranosus, des unteren am Rectus internus verstehen. Denkt man sich den kegelförmig verjüngten Muskel überall mit einer gleich dicken unwirksamen Schicht bekleidet, so muss der grössere Querschnitt eine geringere mittlere (positive) Spannung haben, als der kleinere. Ausserdem mag an dem dünneren Muskel oder Muskelende die unwirksame Schicht auch absolut dicker sein, weil die Oberfläche, von der die schädlichen Einflüsse ausgehen, relativ grösser ist. Am Sartorius und Adductor magnus fällt zwar kein Grössenunterschied der Querschnitte in die Augen. Doch ist er in geringem Maasse vielleicht vorhanden, da auch hier die mittleren oberen und unteren Stromstärken und Stromspannungen in gleichem Sinne von einander abweichen, jene aber mehr als diese, was auf einen Unterschied der Widerstände schliessen lässt.

Um im einzelnen Falle das Ueberwiegen bald der einen, bald der anderen Stromspannung zu erklären, bietet sich jetzt die Vermuthung dar, dass aus irgend welchen Gründen die unwirksame Schicht bald am einen, bald am anderen Ende dicker sei. Stets wird das Ende, wo sie dünner ist, negativer erscheinen. Daneben bleibt noch die nah liegende Annahme, dass nicht überall im Muskelinneren die gleiche elektromoto-

1) A. a. O. Bd. I. S. 712 ff.

rische Kraft herrsche (vergl. oben S. 683). Wer da weiss, dass man nicht zwei aus demselben Stück geschnittene, sorgfältig gereinigte Platinbleche als Multiplicatorenden in destillirtes Wasser tauchen kann, ohne bei hinlänglicher Empfindlichkeit einen Ausschlag zu erhalten, wird es unbillig finden, wenn an zwei Querschnitte eines Muskels das Verlangen unbedingter Gleichartigkeit gestellt wird, und, weil diese fehlt, so wenig das Gesetz des Muskelstromes bezweifeln, als den elektromotorischen Unterschied von Platin und Zink aus dem Grunde, dass das Verhalten jedes Metalles innerhalb gewisser Grenzen schwankt.

Eine vollendete Theorie müsste hier allerdings noch von folgenden Umständen Rechenschaft geben. In Tab. IV. und IX. hat an dem durch zwei künstliche Querschnitte begrenzten Muskel der Strom zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten öfter die umgekehrte Richtung von der, welche der Unterschied des oberen und des unteren künstlichen Stromes zeigt. Auf 20 Mal trifft dies am Semimembranosus zwar nur 8, auf 19 Mal am Rectus internus nur 10, auf 18 Mal aber am Sartorius 13, und auf 19 Mal am Adductor magnus 15 Mal zu. Dagegen hat jener Strom, wie man sich erinnert (s. oben S. 692, 693), öfter gleichen Sinn mit dem Unterschied des oberen und unteren künstlichen Längsschnittsstromes, wie wir die in der 7. Spalte der vierten Tabelle verzeichneten Ströme nennen wollen, welche man zwischen dem Aequator und einem Längsschnittspunct beziehlich dem oberen und dem unteren künstlichen Querschnitt nahe erhält. Demgemäss ist in Tab. IV. öfter der obere Strom vom Längs- zum Querschnitt der stärkere, wo der obere Längsschnittsstrom der schwächere ist, und umgekehrt. Auf 10 Mal trifft dies am Semimembranosus zwar nur 3, auf 9 Mal am Rectus internus nur 4, auf 9 Mal aber am Sartorius 6, am Adductor 7 Mal zu. Dass der Strom zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten und der Unterschied des oberen und unteren Längsschnittsstromes zugleich die umgekehrte Richtung vom Unterschiede des oberen und unteren Stromes vom Längs- zum Querschnitt haben, kommt auf 10 Mal am Semi-

membranosus freilich nur 2, auf 9 Mal am Rectus internus nur 3, am Sartorius aber 6, am Adductor 5 Mal vor, und an den beiden letzten Muskeln zeigt sich dies auch im Mittel der 10 Versuche. Macht man, wie wir vorschlugen, die grössere Negativität des einen Querschnittes davon abhängig, dass die unwirksame Schicht sich nach ihm hin verjüngt, so muss der Strom zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten in der beobachteten Richtung kreisen (s. oben S. 685). Weiter lässt sich vor der Hand nicht sicher schliessen, und es lässt sich noch nicht bestimmt sagen, weshalb an dem mehr kegelförmigen Semimembranosus und Rectus internus die geschilderten Beziehungen sich anders gestalten, als an dem mehr cylindrischen Adductor und Sartorius. Was dagegen klar erhellt, ist, dass das Verhalten an den beiden letzten Muskeln Hrn. Budge's Lehre auf das Entschiedenste widerspricht. —

Die sechs, aus dieser Lehre gefolgerten Sätze sind nun also, jeder für sich, als unhaltbar erwiesen. Wir hätten uns auch, statt dessen, kurz so fassen können. Hr. Budge behauptet, dass der unverletzte Muskel unter allen Umständen, der durch zwei Querschnitte begrenzte zwischen diesen Querschnitten und zwischen symmetrischen Längsschnittspuncten, in dem (nach Hrn. Budge) beständigen Sinne des Unterschiedes zwischen oberem und unterem Strom wirke. Danach müsste in den sechs ersten Spalten von Tab. IV. bei jedem Muskel nur ein und dasselbe Vorzeichen stehen, und dies einerlei sein mit dem Vorzeichen des Unterschiedes der oberen und unteren Zahl in der 7. und 8. Spalte. Unter den 40 Versuchen der Tabelle ereignet sich dies nur 2 Mal, 1 Mal am Sartorius (II. B.), 1 Mal am Semimembranosus (III. A). Damit allein wäre Hrn. Budge's Theorie der Stab gebrochen gewesen.

Ob in den kleinen Wirkungen, die bald im einen, bald im anderen Sinne zwischen Querschnitten oder Längsschnittspuncten auftreten, wo nach dem Gesetze Gleichgewicht herrschen sollte, sich noch ein gesetzliches Verhalten verstecke, ist nur so zu entscheiden, dass das Mittel aus hinlänglich vielen Beobachtungen gezogen wird, um anzunehmen, die zufälligen

Abweichungen glichen einander aus (s. oben S. 674. 675). Fände sich das Gesetz des Muskelstromes an einem Muskel in aller Strenge verwirklicht, so müssten im Mittel von hinlänglich vielen Beobachtungen die Zahlen in der 1., 2., 5. und 6. Spalte der Tab. IV. verschwinden, und die absoluten Werthe der negativen oberen Zahlen in der 3., 4., 7. und 8. Spalte mit denen der positiven unteren Zahlen zusammenfallen. Bleiben aber, auch bei der grössten Anzahl von Versuchen, immer noch bestimmte Werthe jener und Unterschiede dieser Zahlen übrig, so muss man schliessen, dass eine beständige Ursache die reine Ausprägung des Gesetzes störe.

Im Anhang zu Tab. IV. sind die Mittel aus dieser Tabelle mit den Mitteln aus den übrigen Tabellen, soweit erstere und letztere einerlei Versuche enthalten, vereinigt. Die eingeklammerten Zahlen über den Spalten des Anhanges besagen, aus wieviel Versuchen jede Zahl der Spalte stammt. Die Abweichungen zwischen den Mitteln aus den einzelnen Tabellen zeigen, dass die Beobachtungen noch nicht zahlreich genug sind, damit die zufälligen Störungen sich schon vollständig ausglichen. Auch müsste, um die Wirkungen des Muskels in verschiedenen Lagen ihrer Grösse nach zu vergleichen, die Messung der elektromotorischen Kräfte durchweg die der Stromstärken ersetzen. In ihrem jetzigen Zustande lässt die Uebersicht der mittleren Wirkungen wenig erkennen, was nach den so eben besprochenen Eigenthümlichkeiten der einzelnen Muskeln nicht zu erwarten wäre, und insbesondere zeigt sich keine sichere Spur einer inneren Polarisation (s. oben S. 666. 667).

Betrachtet man in Tab. X. die Spannungen an den verschiedenen Muskeln, so sieht man sie an den regelmässig gefaserten Muskeln mit dem Querschnitt wachsen, ganz wie ich dies, wenn auch minder unmittelbar, in meinem Werke aufgestellt hatte [1]). Wie damals, zeigte die grösste Spannung an diesen Muskeln auch jetzt der obere Strom des Semimembranosus. Es war von Wichtigkeit, diese Spannun-

1) A. a. O. Bd. I. S. 703ff.

gen mit denen zu vergleichen, welche man am Triceps und am Gastroknemius sowohl ohne als mit Hülfe der natürlichen Neigungsströme erhält. Wir wissen schon (s. oben S. 655 ff.), dass an diesen beiden Muskeln die obere Stromspannung sich der unteren um so mehr nähert, je grösser die Parelektronomie. Aus Tab. X. erfährt man, dass alsdann diese Spannungen, mit Rücksicht auf den Querschnitt der Muskeln, auffallend klein sind, da sie zwischen denen am Rectus internus und denen am Sartorius stehen. Dies erklärt sich aus der Beschaffenheit der Querschnitte (s. oben S. 651. 652). Nach Zerstörung der parelektronomischen Schicht zeichnet sich der Triceps, aus dem oben S. 659 erwähnten Grunde, nicht weiter aus. Am Gastroknemius dagegen erreicht bei mittlerer Spannweite die untere Spannung jetzt eine sehr bedeutende Grösse, welche in einzelnen Fällen die grösste obere Spannung des Semimembranosus, und im Mittel das Mittel für jene, übertrifft. Allein man kann dem Gastroknemius, nach zerstörter Schicht, noch ansehnlich stärkere Wirkungen entlocken, wenn man statt der mittleren die grösste Spannweite wählt, wovon Tab. III. Beispiele giebt. Aber auch die hier verzeichneten Spannungen lassen sich noch weit übertreffen dadurch, dass man unten nur ein kleines Stück vom Muskel abschneidet, so dass der Achillesspiegel in möglichst grosser Länge erhalten bleibt. Ich habe einmal die untere Spannung mit Kreosot als entwickelnder Flüssigkeit bis zu 936 Compensatorgraden sich steigern sehen; ein Werth derselben über 800 ist nichts ungewöhnliches. Mit Essigsäure erhält man auch sehr hohe Spannungen. Kochsalz-, Höllenstein-, Kalihydrat-Lösung sind minder günstig, weil sie zugleich durch Nebenschliessung schwächen [1]).

Mit diesen Spannungen waren jetzt noch die zu vergleichen, welche man von den regelmässig gefaserten Muskeln mit Hülfe der künstlichen Neigungsströme erhält. Dazu kann man hier die nämliche Anordnung treffen, wie am Gastroknemius, d. h. einerseits den Längsschnitt oberhalb

1) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. II. S. 57. 78.

der stumpfen Ecke zwischen Längsschnitt und schrägem Querschnitt, andererseits einen kleinen senkrechten Querschnitt berühren, durch den man die spitze Ecke abgestumpft hat, wobei freilich ungewiss bleibt, ob man dadurch, dass man den schrägen Querschnitt verkürzt, nicht mehr an elektromotorischer Kraft einbüsst, als man dadurch gewinnt, dass man statt des schrägen Querschnittes senkrechten berührt. Wie dem auch sei, auch diese Spannungen werden von der unteren Spannung eines wie oben behandelten Gastroknemius übertroffen, welche also überhaupt die höchste bisher an Froschmuskeln beobachtete ist. Dies erscheint in der Ordnung, wenn man die grosse Länge des Achillesspiegels erwägt, welche die des längsten gleich schrägen Querschnittes, den man an einem regelmässig gefaserten Muskel anlegen kann, bedeutend übersteigt.

Schlussbemerkungen.

§. XII.

Es bleibt in Betreff des Gesetzes des Muskelstromes beim Alten.

Somit ist der unwidersprechliche Beweis dafür geliefert, dass, wie Hrn. Budge's auf die Versuche am Gastroknemius gegründete Einwürfe gegen das Gesetz des Muskelstromes nur einem Missverständniss entsprangen, so seine Behauptung eines vom Längs- und Querschnitt unabhängigen Eigenstromes in den regelmässigen Muskeln ein Hirngespinnst ist. Wie die oben S. 664. 665 mitgetheilten Versuche zu erklären seien, durch welche er selber das Dasein dieses Stromes zu beweisen sucht, ist eine andere Frage. Sicher ist, dass diese Versuche falsch sind.

Von diesem Urtheil nehme ich vorläufig die am Biceps, den Peronei und dem Tibialis anticus aus, welche richtig sein mögen, obschon dies, nach Analogie der übrigen, wenig wahrscheinlich ist, die aber dann jedenfalls anders zu erklären sind, als Hr. Budge will. Ich habe diese Ver-

suche nicht wiederholt, weil ich ihnen bis auf Weiteres jede Beweiskraft in der vorliegenden Frage abspreche. Der Biceps, die Peronei und der Tibialis sind keine regelmässig gefaserten Muskeln. Der Biceps z. B. hat an jedem Ende einen langen Sehnenspiegel, der bis über die Mitte des Muskels reicht, und besteht somit aus kurzen, schrägen Fasern. Was Hr. Budge daran Längsschnitt nennt, ist, wie am Gastroknemius, grösstentheils natürlicher Querschnitt (s. oben S. 610). Der Tibialis ist ein doppelt gefiederter Muskel, unten mit einem Sehnenspiegel, oben mit einer im Muskel verborgenen Sehne versehen, von der, als Federschaft, jederseits nach unten die Fleischbündel abgehen. Einer Verwendung dieser Muskeln für den jetzigen Zweck müsste erst eine genaue Erforschung des Faserverlaufes daran voraufgehen, gleich der von uns am Gastroknemius angestellten, und es müsste überlegt werden, welche Wirkungen danach hier, vom Gesetze des Muskelstromes aus, und mit Berücksichtigung der Neigungsströme, zu erwarten wären. Wem es behagt, dies durchzuführen, der thue es doch: bei den Tausenden unregelmässig gestalteter Muskeln, die uns die Thierwelt bietet, hat er ein weites Feld der Thätigkeit vor sich. Seine Arbeit wird etwa so nützlich sein, wie die Eines, der darauf ausginge, die Vertheilung des Magnetismus in jedem Schlüsselbart, oder den Gang des Lichtes in jeder Glasscherbe zu erforschen, um sie mit den Gesetzen in Einklang zu finden, die man an linearen Magneten, oder an homogenen, regelmässig begrenzten Medien erkannt hat.

Aber auch Hrn. Budge's Versuche am Sartorius könnten richtig sein, und es würde ihnen jede Beweiskraft in seinem Sinne abgehen. Denn wie ein Strom, der im nämlichen Muskel bald nicht vorhanden, bald stark, bald schwach ist, bald auf-, bald absteigt (s. oben S. 665), ein Fundamentalphänomen sei, vor dem der Muskelstrom in den Hintergrund trete, begreife ich nicht.

Inzwischen Hrn. Budge's Versuche am Sartorius sowohl, wie an den übrigen regelmässig gefaserten Muskeln sind, ich wiederhole es, falsch.

Sie sind falsch, denn er behauptet, dass bei allen Muskeln stets ein bestimmter Strom, der obere oder der untere, der stärkere sei. Unsere Tabellen lehren dagegen, dass, während der Rectus internus und Semimembranosus hier aus guten Gründen nicht mitreden, auf 40 Mal am Sartorius nur 20, am Adductor magnus nur 25 Mal der obere Strom vorwiegt. Den Sartorius freilich schliesst Hr. Budge selber von seiner Regel aus.

Hrn. Budge's Versuche sind falsch, denn man findet zwischen dem oberen und unteren Strom nicht entfernterweise solche Unterschiede, wie Hr. Budge angiebt. Am Adductor magnus und Sartorius, wo im Mittel von 30 Versuchen das Verhältniss des stärkeren Stromes zum schwächeren 1,04 beträgt, und wo es sich nur ausnahmsweise einmal bis zu 1,59 am ersteren, und 1,76 am letzteren Muskel erhebt, dafür aber auch dort gelegentlich bis zu 1,01, hier bis zur Einheit sinkt: findet Hr. Budge selten ein kleineres Verhältniss der beiden Ströme als von 2 : 1, und häufig ein viel grösseres.

Hrn. Budge's Versuche sind falsch, denn während am Rectus internus das Verhältniss im Mittel wirklich die Grösse von 1,6 : 1, am Semimembranosus die von 1,4 : 1 erreicht, findet Hr. Budge am Rectus internus keinen erheblich grösseren, am Semimembranosus sogar einen viel kleineren Unterschied, als am Sartorius und Adductor magnus.

Hrn. Budge's Versuche sind falsch, denn während am Adductor magnus der Unterschied zwischen oberem und unterem Strom sich auf ein leises Uebergewicht des oberen Stromes beschränkt, findet Hr. Budge 18 Mal auf 19 ein ungeheures Uebergewicht auf Seiten des unteren Stromes.

Hrn. Budge's Versuche sind endlich falsch, denn wenn ich auch, in unzähligen Versuchen, einmal am Rectus internus den hart am sehnigen Ende angelegten Querschnitt schwach positiv gegen den Längsschnitt sah (s. oben S. 685), fällt doch unter den gewöhnlichen Umständen der künstliche Strom schlechterdings niemals verkehrt aus, was Hr. Budge am Adductor magnus für etwas Alltägliches ausgiebt.

Wodurch Hr. Budge zu so falschen Ergebnissen geführt wurde, kann ich nicht errathen. Es ist keinenfalls allein die Vernachlässigung des Gesetzes der Spannweiten. Es ist nicht blos, dass vielleicht an seinem Multiplicator, was so leicht geschieht, die Intensitätencurve zu beiden Seiten des Nullpunctes verschieden steil war. Wie gross man sich die aus diesen beiden Puncten entspringenden Fehler vorstelle, man begreift nicht, weshalb er am Adductor magnus den Längsschnitt negativ gegen den Querschnitt fand.

Allein Hrn. Budge's falsche Versuche zu erklären, obliegt nicht mir und geht über meinen Horizont. Hr. Budge, der zur Vermeidung der Polarisation auch die Drähte zwischen den Zuleitungsgefässen und dem Multiplicator aus verquicktem Zink nimmt (s. oben S. 525), begeht Fehler, auf die ich gar nicht verfallen kann.

Nach dem Allen kann es kaum nöthig sein, das Ergebniss dieser Untersuchung noch besonders auszusprechen. Es lautet einfach dahin, dass es in Betreff des Gesetzes des Muskelstromes beim Alten bleibt. Die scheinbaren Abweichungen von diesem Gesetz, die wir am unversehrten Gastroknemius erkannt haben, wo sie Hrn. Budge entgangen waren, obschon er darauf ausging, dergleichen zu entdecken, sind auf die von uns sogenannten Neigungsströme zurückgeführt. Die Abweichungen der Art am querdurchschnittenen Gastroknemius sind ebenso auf die Eigenschaften schräger Querschnitte zu beziehen. Die von Hrn. Budge behaupteten ungeheuren Unterschiede zwischen dem oberen und unteren Strom an den regelmässig gefaserten Oberschenkelmuskeln existiren nicht, sondern beruhen auf irgend einem Versuchsfehler. Was sich Annäherndes bei einigen Muskeln, z. B. dem Semimembranosus, beobachten lässt, rührt, wie ich vor Jahren zeigte, von Eigenthümlichkeiten im Bau solcher Muskeln her. Die methodische Prüfung der vier mehr regelmässig gefaserten Oberschenkelmuskeln des Frosches hat gelehrt, dass kein polarer Gegensatz ihrer Enden stattfindet, wie Hr. Budge ihn annimmt. Der meist vorhandene, grössere oder kleinere Spannungsunterschied der sehnigen Enden

erklärt sich durch deren verschiedene Parelektronomie, welche auch unter den gewöhnlichen Umständen an einem, ja an beiden Enden soweit gehen kann, dass der natürliche Strom verkehrt erscheint. Hrn. Budge's Versuch, die Matteucci'sche Lehre vom Eigenstrom wiederzubeleben, ist somit gänzlich gescheitert, und hat nur dazu gedient, das Maass seiner Befähigung in diesem Gebiete festzustellen.

Damit soll nicht geleugnet werden, dass die kleinen und scheinbar regellosen Wirkungen, die man erhält, wo nach dem Gesetz keine stattfinden sollten, noch feinere Züge eines gesetzlichen Verhaltens verbergen, obwohl dies gegenwärtig nicht sehr wahrscheinlich ist. Niemand weiss besser als ich, dass meine Schilderung der elektromotorischen Thätigkeit der Muskeln und Nerven für nichts als für eine erste Annäherung an die Wahrheit gelten kann, die im Grossen und Ganzen zutreffend, überall der Ausführung und an vielen Stellen der Berichtigung bedarf. Mit den Vorrichtungen und Versuchsweisen, die jetzt durch mich zum Gemeingut geworden sind, ist es nicht schwer, dergestalt Nachlese zu halten, oder den Meister zu spielen. Ich selbst finde, wie diese Abhandlung zeigt, in fast jedem Puncte des einst von mir unter so grossen Schwierigkeiten zuerst betretenen Gebietes mit den jetzigen Hülfsmitteln Neues zu verzeichnen und Altes zu verbessern.

Um aber mit Nutzen für die Wissenschaft sich an dieser Arbeit zu betheiligen, reicht der Besitz eines Sauerwald'schen Multiplicators oder eines Meyerstein'schen „Elektrogalvanometers" nicht aus, wie Einige zu glauben scheinen; so wenig wie, weil heutzutage eine gute Büchse überall käuflich ist, auch Jedermann in's Schwarze trifft. Um im Gebiete des Muskel- und Nervenstromes weiter vorzudringen, als mir vergönnt war, dazu gehört, von Anderem zu schweigen, mindestens die Bekanntschaft mit dem schon Vorhandenen, und das Vermögen, die von mir beschriebenen Erscheinungen darzustellen, welches wiederum zunächst wurzelt in der genauen Kenntniss der physikalischen Grundlagen dieses Gebietes. Hr. Budge, der Angesichts alltäglicher Erfahrungen ein Triumphgeschrei über seine Entdeckungen erhebt

(S. ob. S. 542. 543); dessen Unwissenheit in der Physik schon immer das Staunen der Physiologen erregt hat (s. oben S. 544), und der nicht einmal den Strom vom Längs- zum Querschnitt fehlerfrei abzuleiten versteht: Hr. Budge wird erst noch etwas in die Schule gehen müssen, ehe er für die reformatorische Sendung reif ist, zu der er sich hier, in der Einfalt seines Herzens, schon jetzt berufen glaubt.

Hr. Budge hegt, wie es scheint, einen besonderen Widerwillen gegen meine Lehre von der parelektronomischen Schicht. In seiner ersten Mittheilung nennt er diese Lehre „eine geschraubte, auch durch keine einzige Thatsache ge„stützte, dem Unbefangenen höchst unglaublich erscheinende „Theorie," die ich mir habe ausdenken müssen, weil mir die ihm vorbehaltenen Entdeckungen entgangen seien; und in seiner zweiten Mittheilung sagt er von dem angeblichen Unterschied zwischen oberem und unterem Strom: „Wenn nun „zuerst diese erste und wesentlichste Thatsache anerkannt „sein wird, dann wird bald von selbst die Theorie über die „parelektronomische Schicht und über den Aequator fallen; „daher ich vorläufig davon nicht handle." Da Hrn. Budge's „erste und wesentlichste Thatsache" nicht existirt, und da sie, wenn sie existirte, mit der Lehre von der parelektronomischen Schicht in keinem fassbaren Zusammenhang stände: so schreckt mich seine Prophezeiung nur wenig. Inzwischen hat die Sache noch eine andere Seite.

Ich habe über die Erscheinungen, die ich der parelektronomischen Schicht zuschreibe, von 1843 bis 1851, Tausende zum Theil sehr mühsamer Versuche angestellt. Ich habe währenddem, ausdauernd und angestrengt, über den Grund dieser Erscheinungen nachgedacht, habe an der Hand der sorgfältigsten Experimentalkritik, deren ich fähig war, Hypothese nach Hypothese widerlegt, und bin zuletzt zu einer Vorstellung gelangt, welche jene Thatsachen, trotz ihrer Mannigfaltigkeit, Verwickelung und scheinbaren Paradoxie, mit überraschender Einfachheit erklärt, und sogar aus den verlassenen Halden Volta'scher Beobachtungen noch einen Gehalt an Wahrheit auszubringen erlaubt hat. Ich habe diese

Untersuchung, mit gewissenhafter Erwähnung jedes zweifelhaften Punctes, und mit deutlicher Scheidung des Erfahrungsmässigen vom Hypothetischen, im Auszuge in den Monatsberichten der Akademie für 1851, ausführlich aber in der im Jahre 1860 erschienenen Fortsetzung meines Werkes veröffentlicht, wo sie fast zwölf Bogen einnimmt. Die Hauptpuncte meiner Lehre habe ich endlich seit zwölf Jahren in Deutschland und zu zwei Malen in England theils in öffentlichen Vorträgen durch Versuche erläutert, theils Jedem, der es wünschte, in der Nähe gezeigt. Die Physiologie, ja die experimentelle Naturwissenschaft, besitzt keine sicherer darzulegende Thatsachen.

Jetzt kommt ein Mann, der sich selber einen Neuling in diesem Felde nennt; der sich als einen solchen bei jedem Schritt durch Fehler erweist, die sogar auf noch mehr deuten als auf Unerfahrenheit, nämlich auf Unfähigkeit für dergleichen Arbeiten überhaupt; der mein Buch nur von aussen kennt; der nach der Art, wie ihm auch die leichtesten unter meinen Versuchen fehlschlagen, von den Erscheinungen, die zur Annahme der parelektronomischen Schicht zwingen, schwerlich eine gesehen hat, und dessen Missverstehen der einfachsten Puncte in der Theorie des Muskelstromes zu der Meinung berechtigt, dass es ihm mit der viel schwierigeren Theorie der parelektronomischen Schicht nicht besser ergangen ist. Und dieser Mann, dem die Schöpfung neuer Gebiete der Wissenschaft ein Dorn im Auge ist, von denen er sich, ohne es sich einzugestehen, durch seinen Bildungsgang ausgeschlossen fühlt, unterfängt sich, ohne selber einen einzigen Versuch anzuführen, über das Ergebniss achtjährigen Fleisses, als über eine „durch keine einzige Thatsache gestütztes" Hirngespinnst abzusprechen.

Das Urtheil über ein solches Verfahren kann ich dem Leser anheimstellen. Hr. Budge aber wird künftig wohlthun, das Ende abzuwarten, ehe er sich mit seinen Lorbeeren brüstet. In der Vorrede zur letzten Auflage seines „Lehrbuches der speciellen Physiologie" (1862, S. VIII. IX) wird das Gesetz des Muskelstromes als ein warnendes Beispiel davon genannt,

wie die „physikalische Schule“ hinter dem Prunk von Apparaten, Zahlen, Curven und Formeln, Lehren zur Geltung bringe, deren Unrichtigkeit bei vorurtheilsfreier Prüfung (durch Männer, wie Hr. Budge) ausserordentlich leicht erkannt würde, so dass man sich nur wundern könne, wie man dies so lange Zeit übersehen habe. Hr. Budge wird sich nun wohl nach einem anderen Beispiel umsehen müssen. Uns ist er ein neues Beispiel dafür, dass thierisch-elektrische Versuche nicht Jedermanns Sache sind[1]).

1) Der XV. Band der Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeuffer (3. Reihe, 1862) enthält (S. 205 — 253) einen Aufsatz von Hrn. Valentin in Bern über den Muskelstrom, worin dieser Physiologe die von Hrn. Budge in dessen erster Mittheilung behaupteten Thatsachen ausnahmslos bestätigt, dessen Lehre annimmt und auf viele Muskeln des Frosches und warmblütiger Thiere ausdehnt. Hr. Valentin hat bei einer früheren Gelegenheit, wo ich ihm auf diesem Gebiete entgegentreten musste, einige Selbsterkenntniss an den Tag gelegt. Ich habe daher das Vertrauen zu ihm, er werde aus der gegenwärtigen Abhandlung, auch ohne umständlichen Beweis meinerseits, die Einsicht schöpfen, dass seine Behandlung des Gegenstandes unzureichend ist, dass seine Beobachtungen anders zu deuten, und seine Schlüsse nichtig sind.

Anmerkung. Das Streben nach Kürze hat mich in gegenwärtiger Abhandlung zu einem zweideutigen Gebrauch des Wortes „Spannung“ verführt. Ursprünglich habe ich so, mit Kirchhoff, Helmholtz u. A., das Potential der freien Elektricität an einer bestimmten Stelle der Kette, Ohm's elektroskopische Kraft, genannt; so, wenn ich sagte: die Neigungsstrom-Spannung stufe sich von der stumpfen Ecke zur spitzen Ecke des Muskelrhombus ab u. d. m. Von S. 593 an aber bin ich, um die schleppende Redensart: die dem Neigungsstrome zu Grunde liegende oder ihn erzeugende elektromotorische Kraft, deren ich fortwährend bedurfte, zu vermeiden, häufig zu dem Ohm'schen Gebrauch des Wortes Spannung zurückgekehrt, indem ich damit den Unterschied der Spannungen zweier Stellen im ersteren Sinne bezeichnete; so, wenn ich von der oberen künstlichen Stromspannung, oder der oberen künstlichen Spannung schlechthin, sprach. Andere Male ist der letzteren Art von Grösse, mit Bezug auf die erste Redeweise, richtig als Spannungsunterschiedes gedacht. Es wird genügen, im Allgemeinen auf diesen Fehler hinzuweisen, um ihn im einzelnen Falle unschädlich zu machen.

Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Papillae fungiformes der Froschzunge.

Von

Dr. R. Hartmann.

(Hierzu Taf. XVII. und Taf. XVIII. A. Fig. 64—66.)

(Schluss.)

Verhalten der Nervenendigungen in den Papillae fungiformes. In jeder dieser Papillen steigt ein Nervenstämmchen empor, gebildet aus einer Anzahl von Primitivfasern, umgeben von einem Neurilemm, in welchem kernartige, bei Essigsäurezusatz besonders deutlich hervortretende Gebilde. Man kann die einzelnen Primitivfasern recht gut übersehen, sobald man frische oder erhärtete Papillen mit zehnprocentiger Natronlauge behandelt. Freilich muss man solche Papillen aussuchen, in denen durch Capillaren nicht gar zu sehr die Aussicht behindert wird, auch muss alles Epithel zuvor entfernt sein. Aus wohlerhärteten Papillen lässt sich der Nervenstamm zwar mit Beobachtung der nöthigen Vorsicht isoliren, indessen reissen derartig isolirte Nerven zu leicht, um ein sicheres Bild ihrer Endigungsweise gewähren zu können. Die das Nervenstämmchen der Papille zusammensetzenden Primitivfasern treten, ihr Mark, also auch ihre dunkeln Contouren beibehaltend, bis dicht unter das freie, breitere Ende der Papillen, bis auf einen kurzen Abstand von der homogenen Grenzschicht der freien Papillenoberfläche, heran. Sie scheinen hier nicht spitz, nicht stumpf abgeschnitten oder gar kolbig aufzuhören, wie derartige Endigungsweisen bald von diesem, bald von jenem Histologen angenommen worden. Bilden nun etwa die

Primitivfasern unter dem Papillenende schlingenförmige Umbiegungen? Die Primitivfasern bleiben, sobald sie das Ende der Papille erreicht, innerhalb des Bindegewebesubstrates derselben bei einander, gehen nicht aus einander, und gewinnt es öfters in der That den Anschein, als ob diejenigen Primitivfasern, auf welche sich das Mikroskoprohr gut einstellen lässt, umbögen und wieder niederwärts zögen. Leider erhält das Nervenmark gerade da, wo die Primitivfasern scheinbar das Papillenende erreichen, gar zu häufig eine künstliche Unterbrechung, gerinnt hier, wo der Druck und die Spannung der umliegenden Gewebspartien am stärksten und zerbröckelt sowohl an frischen wie auch an erhärteten Präparaten (Fig. 65.). Das Deckgläschen, dessen Gebrauch gerade bei dieser Untersuchung, zur Darlegung der feineren Papillenverhältnisse, kaum entbehrlich, vermehrt dann noch den Druck, die Spannung. Eine derartige Unterbrechung der Continuität des Nervenmarkes durch Gerinnung hat wohl zur Annahme stumpfer Endigungen verleitet. Nun aber sieht man nicht selten, sowohl bei optischen Längsschnitten, als auch bei optischen Querschnitten der Papillen, dass da, wo die Primitivfasern im Papillenende scheinbar aufhören, und zwar wenn auch hier das Nervenmark bröckelig geronnen, wie feine, bogenförmige Umrisszeichnungen von einer Primitivfaser in die andere hinüberziehen, gleich als seien das die Wandungen einer den Nervenbogen aufnehmenden Lücke im Papillensubstrat. Freilich ist es sehr schwierig, in dem hier stattfindenden Gewirr von Primitivfasern und deren Markbrocken, von Streifen des Bindegewebes, von Bindesubstanzkörperchen, von mit Blutkörperchen gefüllten Capillaren und von Muskelprimitivbündeln sich zurecht zu finden. Es erfordert das viel Geduld und Ausdauer. Auch an künstlich isolirten Nervenstämmchen glaubte ich zuweilen die Andeutung einer schlingenförmigen Umbiegung zu erkennen. Halte ich nun wohl das Vorkommen der letzteren in den breiten Papillen der Froschzunge für höchst wahrscheinlich, so wage ich hier doch keine völlig bestimmte Entscheidung zu treffen. Die Froschzunge ist in dieser Hinsicht ein weit ungünstigeres Object, als die Crista acustica des Fisch-

labyrinthes und als das Labyrinth der Säugethiere, als selbst die Nasenschleimhaut.

Nach Key's Angabe theilen sich die Nervenprimitivfasern, nachdem sie im Allgemeinen ungetheilt bis in die Nähe des Papillenendes verliefen, in mehrere feine Zweige. Einige der doppelt contourirten Nervenfasern verlieren, sobald sie in die Nervenschale eintreten[1]), ihre Markscheide und Schwann'sche Scheide, und setzen sich als nackte Axencylinder fort. Andere dagegen behalten ihre doppelten Contouren bis in die Nähe des Epithels, wo sie sich dann plötzlich zuspitzen und in nackte Axencylinder übergehen. In dem allerobersten Theile der Nervenschale sind keine doppelt contourirten Fasern mehr zu sehen etc. Ein Theil von den Axencylindern soll nun, so berichtet Key weiter, schon in der Nervenschale in eine Zahl feinster varicöser Fäden übergehen, die völlig mit den centralen Ausläufern der Faserzellen übereinstimmen. Da wo Key mit grosser Deutlichkeit diesen Uebergang in varicöse Fäden gesehen haben wollte, hätten sich die Axencylinder unmittelbar vorher gabelförmig getheilt. (S. Key's Fig. 5.) Die feinsten varicösen Nervenfäden sowohl, wie die Axencylinder, welche nicht schon in der Nervenschale in solche Fäden sich getheilt, träten alle in die innere Abtheilung des Epithels hinein. (A. a. O. S. 345 Fig. 4.). Nach Key findet also eine directe Verbindung zwischen nackten Axencylindern der Papillennerven mit Elementen des Papillenepithels statt.

M. Schultze ist in seinen Angaben hinsichtlich des Zusammenhanges der Sinnesnerven mit epithelialen Gebilden der Sinneswerkzeuge zurückhaltender, vorsichtiger gewesen, als sein Schüler Key, der sogar beobachtet zu haben behauptet, wie einer der varicösen Fäden, in welche der Axencylinder zerfallen, direct in eine varicöse Faserzelle übergegangen sei. Key bildet das unter Fig. 5. wirklich ab (a. a. O. S. 345). Nun aber habe ich weder ein Zerfallen dieser Axencylinder in

1) So nennt Key die „schalenförmige" Erweiterung des centralen Nervenstammes in kurzem Abstande von der Oberfläche. Ich freilich kenne eine solche „Nervenschale" nicht.

feinste varicöse Fäden, noch eine Theilung derselben im Papillenende, noch ein Durchtreten derselben durch die feine, homogene Grenzschicht des Papillensubstrates und eine Verbindung zwischen Key'schen varicösen Axencylinderfäden mit Elementen des Epithels gesehen. Key will den Nervenstamm der Papille mit dem darauf stehenden Epithel durch Zerzupfung unter dem Mikroskop isolirt haben (S. 344). Durch Zerzupfen kann man hier freilich Mancherlei isoliren, dabei auch den Nervenstamm und das Papillenende sammt Bindegewebesubstrat und Epithel desselben.

Zerzupft man das Ende einer gut erhärteten Papille, so reisst man auch wohl die Axencylinder von Primitivfasern mit heraus; diese endigen dann entweder stumpf (querdurchgerissen), wie das Key in Fig. 3. abbildet, oder sie werden am Bruchende zerfetzt, so dass sie wie getheilt aussehen. Letzteres Bild erhält man aber selten genug, und würde viel Kühnheit dazu gehören, daraus eine Anschauung, wie die von Key S. 345 u. 346 entwickelte, zu gewinnen. Haftet dann einmal eine verirrte Epithelzelle mit scheinbar varicösem Centralende an einem gewaltsam aus dem Substrat gezerrten Axencylinder, so erhält man Key's Figur 5. in natura. Die (künstlichen) Varicositäten gehören stets dem Basalende der Cylinderzellen, niemals den Axencylindern an. Sind diese, aus ihrem Substrat hervorgerissen oder hervorgepresst, wirklich einmal scheinbar varicös, so sind solche durch Druck, Quetschung hervorgebrachten Varicositäten sehr grob und unregelmässig. Nun kann es wirklich doch zuweilen den Anschein haben, als gingen die Primitivfasern im Papillenende in ähnlicher Weise auseinander, als es Key in seinen Figuren 1. u. 4. dargestellt, ferner als zögen einige feine Streifen quer durch die dünne homogene Grenzschicht des Papillenendes. Allein das scheinbare Auseinandergehen der Primitivfassern erweist sich bald als optischer Betrug, hervorgebracht durch Zerbröckelung, Gerinnung des Nervenmarkes, wodurch die Continuität der einzelnen Fasern am Papillenrande unterbrochen wird. Die feine Streifung der homogenen Grenzschicht jedoch rührt keineswegs von dieselbe

durchbohrenden Axencylindern, sondern von der gegen den äussersten Rand des Papillenendes, bis ganz dicht unterhalb der homogenen Schicht, sich erstreckenden Streifung des Bindegewebe-Substrates her. Wird die Papille auch nur um ein ganz Geringes aus dem reinen optischen Längsschnitt gebracht, und das findet auch bei noch so grosser Sorgfalt leicht einmal statt,[1]) so können die Streifungen des Bindegewebe-Substrates durch die homogene Grenzschicht, wie Querstreifen, hindurchschimmern, ja selbst Bindesubstanzkörperchen können das. Ferner bleiben häufig genug verschrumpfte und durch das Pinseln völlig zur Fadengestalt degradirte Cylinderzellen an der freien Endfläche der Papille hängen und mögen dann, besonders bei nicht völlig reinem, optischen Längsschnitt, einem ungeübten Beobachter den Eindruck aus dem Papillenende heraustretender Axencylinder machen.

Aus Obigem geht hervor, dass: 1) Jede Papilla fungiformis mit einem Cylinderepithel bekleidet sei, dessen a) wimpernde Form die Seiten der Papille und den Rand des kolbigen, freien Endes, dessen b) nicht wimpernde Form aber die Fläche des freien Endes überziehe. Dass 2) diese Cylinderzellen (von beiderlei Form) durch Einwirkung von Chromsäure und doppeltchromsauerem Kali die allermannichfaltigsten Veränderungen, als Schrumpfungen beider Enden, Zerfetzbarkeit des Centralendes, scheinbare Varicositäten desselben Endes etc. erleiden; Veränderungen, denen jener normale Form fremd. 3) Dass die in der Papille befindlichen, zu einem Stamme vereinigten Nervenprimitivfasern, unter Beibehal-

---

[1]) Es hält ziemlich schwer, eine Papilla fungiformis, bei ihrer, auch S. 625. erklärten Grundgestalt, in einem rein optischen Längsschnitt und rein optischen Querschnitt zu betrachten.

tung ihrer Markscheide, bis gegen die homogene Grenzschicht des Bindegewebe-Substrates emporsteigen, diese Grenzschicht aber nicht durchsetzen und nicht durchdringen, sondern in kurzem Abstande innerhalb derselben höchst wahrscheinlich sich schlingenförmig umbiegen, dass 4) demnach nackte, in varicöse Fäden sich theilende, mit Elementen des Epitelialbelags der Papille sich verbindende Axencylinder hier nicht existiren. Dass ferner alle von Billroth, Key u. s. w. beschriebenen Zellen mit Stäbchenfortsätzen und natürlichen, varicösen Centralenden, auf dem freien Ende der Papillen, „Kunstproducte" seien, hervorgerufen durch Einwirkung der Aufbewahrungsflüssigkeit.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1.—30. Wimperzellen,*) durch Einwirkung des doppeltchromsauren Kalis und der Chromsäure verändert.

Fig. 1., 2. stark verschrumpftes Centralende; dies ist in Fig. 2. am Ende breitgequetscht und ausgefasert. Fig. 3. Das centrale und das peripherische Ende sind verschrumpft, ersteres ist künstlich zerfetzt; bei a. Austritt von Zelleninhalt. Fig. 4. Centralende wie bei Fig. 2. Fig. 5.—10. Veränderung des Kernes im Innern der Zelle, nach Oeffnung des Inhaltes; in Chromsäure, 72 Stunden. In 7 bei a. Austritt des Inhaltes. Fig. 11. wie an Fig. 1. Fig. 12. Das Centralende einer Zelle ist stark geschrumpft, zeigt künstliche Varicositäten, wobei der Kern in die Höhe, näher zum peripherischen Ende, gerückt. Fig. 13. bei a. Austritt von Inhalt. Fig. 14.—24. (23.—25. von *Hyla*) Bildung künstlicher Varicositäten des Centralendes. Fig. 23. Riss im centralen Ende der Zelle bei a. Fig. 25. bei a. künstliche Anastomosen zerfetzter Zellenenden. Fig. 26.—27. (27. von *Hyla*) sich deckende Zellen mit stark verschrumpften Centralenden. Fig. 28. Zelle mit fadenför-

*) Wo es nicht besonders bemerkt, sind die Präparate von *Rana* entnommen.

mig verschrumpftem Centralende, von *Hyla*. Fig. 29.--33. Risse im Centralende. Fig. 35., 36. völlig veränderte Zellen (S 638.) Fig. 37. —39. Künstliche Anastomosen verschrumpfter und zerfetzter Zellenenden. Fig. 40., 41. Schrumpfung und Drehung des peripherischen Endes. Fig. 42.—49. Einschrumpfung beider Zellenenden; künstliche Varicositäten am peripherischen Ende. Fig. 50. a. Scheinbar borstenartiger Aufsatz auf dem peripherischen Zellenende, erzeugt durch enges Zusammenlegen der Wimpern im stark geschrumpften peripherischen Ende.

Fig. 51.— 63. Unbewimperte Zellen mit ihren künstlichen Veränderungen.

Fig. 51. Anastomosen der zerfetzten Enden zweier wimpernloser und einer bewimperten Zelle. Fig. 52.—56. Schrumpfung hauptsächlich des centralen Zellenendes. Fig. 58.—63. (59.—62. von *Hyla*) beider Enden, bei 63. a. Austritt von Inhalt.

Fig. 67. Normale Wimperzelle, frisch in Liquor cerebrospinalis.

Fig. 28. Normale, wimpernlose Zellen in Liquor cerebrospinalis.

Fig. 1.—63., Fig. 67., 68. bei einer Vergrösserung von etwa $^{295}/_{1}$ —$^{400}/_{1}$.

Fig. 64. Ende einer Papilla fungiformis des Laubfrosches, 3 Tage in doppeltchromsaurem Kali cc. $^{220}/_{1}$. a. Am Substrat anklebende, verschrumpfte Wimperzellen. a'. Zellen des Papillenendes im optischen Querschnitt, a''. dergleichen im optischen Längsschnitt. b. Muskelprimitivbündel. c. Nervenstamm. d. Papillenrand.

Fig. 65. Papilla fungiformis. 3 Tage lang in Kali bichromicum, einen Tag lang in Karmin, dann mit Natronlauge von 10% behandelt. a. Muskelprimitivbündel, a', deren Theilung. b. Papillennerven. c. Verschrumpfte, am contrahirten freien Zellenende anklebende Zellen. d. Nervenstämmchen.

Fig. 66. Bewimperte Epithelzellen im optischen Längsschnitt, wimpernlose Epithelzellen im optischen Schräg- und Querschnitt, von *Hyla*, frisch in Liquor cerebrospinalis. Cc. $^{400}/_{1}$.

Ueber
Bewegungserscheinungen bei den Schwämmen.

Von

N. Lieberkühn.

(Hierzu Taf. XIX.)

Die Bewegungserscheinungen, welche man bis jetzt an den Schwämmen beobachtet hat, betreffen kleinere oder grössere Theile der sie umgebenden äusseren Haut und der Ausströmungsröhren oder isolirte Zellen. Bei den Contractionen der Ausströmungsröhren der Spongillen wird die Wandung derselben dicker und kürzer, die glatte Oberfläche uneben von den kuglig zusammengezogenen Zellen, deren Grenzen dabei sich bestimmt bemerklich machen, während sie zuvor nicht sichtbar waren oder höchstens hie und da undeutlich auftraten. Die Contraction kann hier so weit gehen, dass die ganze Röhre die Gestalt eines Zellenhaufens annimmt. Die äussere Haut, welche den Schwamm ringsum umgiebt, zeigt die Contractionen am klarsten, wenn sie recht weit von dem übrigen Körper absteht; sie nähert sich dann diesem oder legt sich ganz auf die darunter liegenden Theile auf. Die in ihr beobachteten Einströmungslöcher können sich öffnen und schliessen. Andere Bewegungserscheinungen kommen vor, wenn aus einem ausgeschnittenen Stücke sich eine Spongille mit äusserer Haut und Ausströmungsröhre bildet. Das ausgeschnittene Stück kann so dünn sein, dass es aus einer einzigen Lage von netzförmig verbundenen Parenchymbalken besteht. Die zwischen denselben

ben befindlichen runden oder ovalen oder unregelmässigen Lücken werden zum grossen Theil dadurch geschlossen, dass jene Balken allmählich breiter werden, oder es bleiben Lücken, wenn nur von dem oberen und unteren Theile des Balkens dünne Häute sich herüberziehen, die einen Zwischenraum zwischen sich lassen und Theile der äusseren Haut mit Ausströmungsröhren werden können. Es lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, in wieweit etwa Zellenvermehrung bei der Veränderung der Form mitwirkt. Endlich ist über Bewegungen an den einzelnen Zellen selbst berichtet, die aus der kugligen in die sternförmige Gestalt, und umgekehrt, übergehen, ohne dass sie ihren Ort verändern. Dies kommt sowohl an den Zellen des unversehrten Schwammkörpers vor, als auch bei solchen, die aus dem Zusammenhang gerissen sind. Ortsbewegungen derselben wurden bisher nicht beschrieben. Dies soll in Folgendem geschehen.

Sowohl bei den aus Eiern entwickelten, als auch bei den aus Gemmulae ausgekrochenen, als auch bei den aus ausgeschnittenen Schwammstücken hervorgegangenen Spongillen findet sich die mannichfaltigste Anordnung des Körper-Parenchyms vor, während die Kieselnadelskelete im Wesentlichen bei den verschiedenen Arten dieselbe charakteristische Gestalt inne halten. Wenn die äussere Haut recht durchsichtig ist, so erkennt man in manchen Exemplaren einen cavernösen Bau mit mehr oder minder gegen einander abgeschlossenen Höhlen von unregelmässiger Gestalt, die zum Theil, in soweit sie oberflächlich liegen, von der äusseren Haut begrenzt werden und das durch die Einströmungslöcher fliessende Wasser aufnehmen, zum Theil aber auch nicht mit Einströmungslöchern versehen sind, sondern durch Oeffnungen mit der Ausströmungsröhre in Zusammenhang treten. Statt ihrer können auch ausgedehntere Canäle auftreten, welche sich in mannichfaltiger Verzweigung über einen grossen Theil des Schwammes ausbreiten und unmittelbar in die Ausströmungsöffnung ausmünden, so dass ein grosser Theil der äusseren Haut keine Einströmungslöcher enthält. In anderen Fällen finden sich letztere fast auf der ganzen Oberfläche des Schwammes vor und füh-

ren in der Regel zunächst in eine grosse Höhle, welche dem Einströmungsgebiete angehört. Die unregelmässig gestalteten Septa, welche sie begrenzen, enthalten in ihren Wandungen die Wimperapparate. Durch alle Cavernen, mögen sie dem Einströmungs- oder Ausströmungsgebiete angehören, können Parenchymbalken von der verschiedensten Dicke hinziehen, selbst innerhalb der Ausströmungsröhre kann man solche hin und wieder wahrnehmen. Dieselben sind bisweilen äusserst nahe aneinandergerückt und zugleich so breit und dünn, dass man glaubt ein Stück der äusseren Haut mit Einströmungslöchern vor sich zu sehen.

In anderen Exemplaren treten die Septa in der Form von Häuten ganz zurück und statt ihrer ist fast der ganze Körper von dünneren und stärkeren Balken durchzogen, die vielfach mit der äusseren Haut in Zusammenhang stehen und unter ihr auf grosse Strecken fortziehen. Sie können ein ganz verschiedenes Aussehen bieten; einmal erkennt man in ihnen keine Andeutung eines zelligen Baues, sondern eine glatte, durchsichtige, feine Contour begrenzt sie, und in ihrem Inneren lagern zahllose stark lichtbrechende Körnchen mehr oder minder dicht bei einander. In den feinsten solcher Fäden, die noch eben bei starker Vergrösserung erkannt werden können, vermisst man auch die Körnchen. Innerhalb der starken Balken finden sich die Wimperapparate, welche wie jene auch unmittelbar unter der äusseren Haut liegen und an dieselbe anstossen können. In anderen Fällen haben die Parenchymbalken eine ganz andere Gestalt: sie sehen wie Perlenschnüre oder Rosenkränze aus, indem Zelle an Zelle stösst, so dass eine gegen die andere sich deutlich absetzt; es können auch mehrere Zellenreihen sich unter einander berühren und die Zellen so dicht bei einander liegen, dass das Ganze wie ein Epithel erscheint, welches von seinem Substrat abgelöst ist. Die Zellen können dabei kuglig oder plattgedrückt sein und sternförmig oder auch polyedrisch erscheinen. In noch anderen Fällen sind sie durch eine durchsichtige Masse von einander getrennt, so dass der ganze Faden glatt aussieht auf der Oberfläche, und nur im Inneren kuglige und unregelmässige

Klümpchen liegen, die gleichfalls von durchsichtiger Substanz umgeben sind. In dem Körnerklumpen erblickt man häufig Kerne mit Kernkörpern und gehören sie jedenfalls dem Zellinhalt an, während die durchsichtige Substanz sowohl auf diesen als auch auf die Membran bezogen werden kann.

Alle die eben beschriebenen Zustände des Körperparenchyms können an einer einzigen Spongille nach einander auftreten und zwar in so kurzer Zeit, dass man sie für Bewegungserscheinungen ansehen muss. Man beobachtet dies am leichtesten, wenn man ein geeignetes Exemplar in einem mit Wasser gefüllten Uhrglase oder Glasnapfe bei nicht zu starker Vergrösserung betrachtet. Ich sah auf diese Weise, wie glatte, homogene Parenchym-Septa zu dicken Balken wurden, welche einen zelligen Bau zeigten und die Rosenkranzform annahmen. Ebenso beobachtete ich, wie zwei der äusseren Haut anliegende, aus je einer Zellenreihe bestehende, um mehr als einen Durchmesser einer Zelle von einander entfernte Fäden in der Weise sich lagerten, dass die Zellen von dem einen mit denen des anderen sich so vereinigten, dass sie ein einziges, homogen erscheinendes Septum bildeten. Dieser Vorgang dehnte sich in der Zeit von einer halben Stunde über einen grossen Theil des Schwammes aus, und wiederum wurden an anderen Stellen glatte Fäden perlschnurförmig. Dabei schlossen sich Lücken, deren Durchmesser die Länge einer Kieselnadel erreichten, und an anderen Stellen entstanden dergleichen und wuchsen während der Beobachtung zusehends. Bisweilen vereinigten sich zwei durch ein schwaches Septum von einander getrennte Lücken zu einer einzigen, indem die eine immer grösser wurde, während der Faden sich immer mehr und mehr verdünnte und schliesslich mit der Wand der anderen, die dabei sich beständig verkleinerte, vereinte. In einem anderen Falle vergrösserten sich die Einströmungslöcher der äusseren Haut in dieser Weise, und zwar in dem Maasse, dass schliesslich nur ein Netzwerk von Fäden übrig blieb, die ganz dem inneren Körper-Parenchym glichen und mit diesem sich innerhalb eines Tages so vereinigten, dass das ganze Gebilde die gewöhnliche Gestalt eines Schwammes vollständig verloren

hatte, da auch die Ausströmungsröhre verschwunden war. Der Schwamm glich in diesem Zustande einem grossen Rhizopoden, welcher sich in einem Kieselnadelgerüst aufhielt. Schon mit blossem Auge sah man die stärkeren Fäden ein Netzwerk weisslicher Fäden innerhalb des Skeletes darstellen; auch diese behielten ihre Form nicht bei, sondern verdickten und verdünnten sich in der mannichfaltigsten Weise, jedoch so langsam, dass man es nicht direct wahrnehmen konnte, sondern es aus der veränderten Form erschliessen musste. Im Inneren einiger Parenchymbalken lagen grosse Ballen von Detritus eingeschlossen, dessen Ursprung sich in der Regel nicht nachweisen lässt; nur zuweilen erkannte ich Spuren von zerfallenen Algenzellen in ihnen. Die Zellen der äusseren Haut bieten nicht den geringsten Unterschied von denen des inneren Körperparenchyms dar; in dem oben erwähnten Contractionszustande fliessen sie gerade so mit den letzteren zusammen, wie diese unter sich zusammenfliessen. Es zeigt sich ja auch bei den aus ausgeschnittenen Stücken hervorgegangenen Spongillen, dass die äussere Hülle aus Zellen von jeder beliebigen Stelle in wenigen Stunden gebildet werden kann. Die Oeffnungen, die behufs der Wassereinströmung entstehen, sind auch nichts Charakteristisches für die äussere Haut, da ganz ähnliche auch in den im Inneren des Körpers ausgespannten Septen auftreten können. Ueberdies vereinigen sich bei der sogenannten Conjugation nicht blos die Zellen der äussern Haut mit den gleichen des anderen Individuums, sondern auch mit denen des übrigen Körperparenchyms.

Besonders auffallend sind die Ortsveränderungen der einzelnen Zellen an den durchsichtigen Ausströmungsröhren; die letzteren bestehen in ihren unteren Theilen häufig aus mehreren Lagen von Zellen: die oberflächlichste Lage ist eine Fortsetzung der äusseren Haut, die inneren stehen mit dem übrigen Körperparenchym im Zusammenhang. Diese sieht man bisweilen unter fortwährender Veränderung ihrer Form an der inneren Wand der Röhre langsam hinauf- und wieder abwärtsgleiten; es kommt auch vor, dass eine einzelne zwischen zwei an derselben Stelle bleibenden hindurchtritt und diese ihr später

folgen, während die Form der Röhre im Ganzen unverändert bleibt. An einzelnen Stellen der äusseren Haut treten nicht selten bei einer Spongille kuglige, kegelförmige Hervortreibungen auf, welche den Umfang und die Länge von Ausströmungsröhren annehmen, und wie diese sich ringförmig einschnüren und zusammenziehen können, ohne dass sie jemals eine Oeffnung zeigen; bei ausgeschnittenen Stücken von Spongillen bilden sich in ähnlicher Weise zuweilen mehrere Ausströmungsröhren. Sowohl bei jenen Hervortreibungen, als auch sonst an der äusseren Haut treten nicht selten Vacuolen von der Grösse eines Zellenkernes oder grössere auf, die über die Oberfläche hervorragen, wie die contractilen Behälter bei *Actinophrys Eichhornii*.

Vermehrung der Schwämme durch Theilung.

Schon Laurent hat angegeben, dass sich bei Spongillen Stücke abschnüren können, ohne dass er jedoch beobachtete, was daraus wird. Er hat auch unberücksichtigt gelassen, ob die Spongille, von welcher sich Stücke abschnürten, aus einem einzigen Embryo hervorgegangen war, oder ob vielleicht mehrere zu einer einzigen durch sogenannnte Conjugation verschmolzen waren, wo dann möglicherweise nur eine Trennung von Individuen stattfand, die sich früher einmal vereinigt hatten.

Carter behauptet, dass ein Schwamm in seine Zellen zerfallen kann, die sich dann weiter entwickeln, und ist geneigt, auch die Wimperzellen der Wimperapparate als Einzelthiere anzusehen, wie dies bekanntlich Dujardin schon that, ohne Kenntniss von den Wimperapparaten zu haben. Carter hält die Wimperapparate nicht für Säcke, die im Inneren Wimpern tragen, sondern für solide Körper, die äusserlich mit Flimmerhaaren besetzt sind, so dass sie einige Aehnlichkeit mit Volvocinen besitzen. In die Wimperzellen sollen Indigopartikeln eindringen können. Solche Wimperzellen sollen auch aus den Elementarkörnern hervorgehen, welche sich in den Zellen der Gemmulae vorfinden; diese bei durchfallendem Licht äusserst dunkelen, scharf conturirten, das Licht stark brechenden Körperchen sollen Stärkemehlkügelchen sein. Dass die Wimper-

apparate der Spongillen die Wimperhaare nicht auf der äusseren Oberfläche, sondern in der Höhle haben, darüber kann kein Zweifel obwalten; man braucht nur eine Spongille sich von Carminkörnchen vollsaugen zu lassen und dann die damit erfüllten Wimperapparate zu isoliren, so sieht man, wie die in der Höhle hin und her schwingenden Härchen einzelne Körnchen nach verschiedenen Richtungen fortschieben. Wie man beweisen will, dass ein Indigokörnchen im Inneren einer Wimperzelle stecke, ist schwer einzusehen, da man nie eine solche mit Sicherheit isoliren kann. Ihre Entstehung aus den dunkelen Körnchen der Gemmulaezellen ist ebensowenig annehmbar; und dass die Körnchen Stärkekörnchen sind, dagegen spricht durchaus ihr Verhalten gegen Reagentien, Jod färbt sie nicht blau, und in verdünnter Salzsäure, Essigsäure, Salpetersäure verlieren sie ihre scharfen Contouren.

Wenn Schwämme in mit reinem Brunnenwasser gefüllten Gefässen leben, so gehen sie nicht selten nach einigen Tagen oder Wochen zu Grunde; sie werden zuerst kleiner, die äussere Haut zieht sich mehr und mehr dabei von dem Umfange des Kieselskelets zurück, so dass dasselbe in seinen äusseren Theilen frei hervorragt, an einzelnen Stellen bleiben dabei Klumpen von Zellen zurück, die zuerst noch durch Fäden mit dem Körperparenchym im Zusammenhang bleiben, bald aber sich ganz ablösen und nun Tage lang unter fortwährender Veränderung ihrer Form an jener Stelle hängen bleiben und dann in körnigen Detritus zerfallen. Von dem immer mehr zusammenschrumpfenden Körper gehen auch an einzelnen Stellen Fortsätze aus, welche sich allmählich auf leere Theile des Skelets ergiessen und ebenfalls abschnüren; sie können so gross sein, dass man sie schon mit blossem Auge wahrnimmt, aber auch so klein, dass sie nur aus drei oder aus wenigen Zellen bestehen, die sich bestimmt gegen einander abgrenzen, oder auch keine Grenzen erkennen lassen. Zuweilen verlassen sie auch das Gerüst und liegen auf dem Boden des Gefässes, Tage lang ihre langsamen Bewegungen noch fortsetzend. Nur selten beobachtete ich diese Erscheinung bei Exemplaren, die nachher noch mehrere Wochen weiter lebten. So sah ich bei einem

Exemplar, das sich in einem grossen Gefässe mit Wasser aus einem wimpernden Embryo entwickelt hatte, wie die äussere Haut an einer Stelle zuerst sich über eine weit hervorragende Nadel ergoss und alsdann mehr und mehr von dem inneren Körperparenchym nachfloss. Nach einigen Tagen hatte sich ein Stück vollständig abgeschnürt, das ungleich kleiner war wie ein bewimperter Embryo; es bildete einen undurchsichtigen Zellenhaufen, der hie und da Fortsätze ausstreckte und wieder einzog. Nach einigen Wochen hatte es bedeutend an Grösse zugenommen und waren Hohlräume in dem Inneren aufgetreten, die äussere Haut setzte sich in eine Ausströmungsröhre fort. Als ich jetzt das Exemplar zerdrückte, kamen Wimperzellen und viele feine, glatte, oder in der Mitte mit einer kugligen Anschwellung versehene Kieselnadeln zum Vorschein. Dasselbe beobachtete ich ein paar Mal bei Spongillen, die sich aus ausgeschnittenen Stücken entwickelt hatten. Diese kleinen Exemplare glichen, die Grösse ausgenommen, solchen, die aus Gemmulae auskriechen; in diesen entstehen die Wimperapparate und Nadeln während und nach dem Ausschlüpfen; in den Gemmulae selbst sind sie noch nicht vorhanden. In anderen Fällen gingen die abgeschnürten Stücke zu Grunde. Man sieht sie häufig Tage lang auf dem Boden des Gefässes liegen als einen homogenen Klumpen oder in Form eines Zellenhaufens; namentlich auf der Oberfläche treten die Zellengrenzen äusserst klar hervor, so dass man es mit einem in der Furchung begriffenen Ei zu thun zu haben glaubt, zumal wenn keine Kieselnadeln darin vorkommen; jede der Zellen der Oberfläche ragt etwa zur Hälfte in Form einer Halbkugel aus dem Haufen hervor. Dass sie in diesem Zustande wenigstens Anfangs noch nicht abgestorben sind, ergiebt sich daraus, dass zwei oder mehrere solcher Haufen bei inniger Berührung nach Stunden in einen einzigen zusammenfliessen können. Bowerbank hat schon vor längerer Zeit beobachtet, dass in Stücke zerrissene Schwämme wieder zu einem einzigen Klumpen zusammenfliessen, wenn sie über oder an einander gelegt werden. Gehören die Stücke verschiedenen Species an, so tritt die Erscheinung nicht ein. Man findet bisweilen, dass ausge-

schnittene Stücke von Spongillen sich an dem Boden von Gefässen festsetzen, indem sie ganz flach sich ausbreiten, auch Fortsätze nach den verschiedensten Richtungen hervorstrecken, die ebenfalls der Gefässwand fest anhängen, so dass sie sich nicht abreissen lassen, ohne dass eine ganze Lage von Zellen an dem Gefässe zurückbleibt. Man könnte glauben, dass wie hier sich ein Schwamm auf einem beliebigen Gegenstande festsetzt, dort ein Schwamm sich am andern innig befestigt. Dies kommt in der That vor; Exemplare von verschiedenen Species hängen nicht selten so fest zusammen, dass man sie ohne Zerstörung nicht von einander ablösen kann. Wenn aber zwei Spongillenstücke derselben Art sich vereinigen, so wird häufig daraus eine Spongille mit einer Ausströmungsröhre und einem Canalsysteme, das zu dieser hinführt. In vielen Fällen geschieht dies allerdings nicht, aber es kommt ja auch vor, dass zwei Ausströmungsröhren bleiben, wenn zwei mit solchen versehene Spongillen verschmelzen. An den durch Abschnürung entstandenen kugeligen Stücken und an Spongillen, die sich zu einem Klumpen zusammengezogen haben, bemerkt man nicht selten folgende Erscheinung: an den Rändern treten in kurzen Zwischenräumen einzelne der mit vielen das Licht stark brechenden Körnchen erfüllten Zellen hervor und bleiben eine Zeit lang unbeweglich liegen, dann stellt sich eine plötzliche Bewegung in der Zelle ein und ein grosser Theil der dunkelen Körner wird herausgeschleudert, die nun heller werdende Zelle bleibt zunächst noch in diesem Zustande, dann aber zerfällt sie gänzlich. Eine grosse Zahl ganz ähnlicher zellenartiger Körper, die man auf den ersten Blick nicht von jenen unterscheidet, bleibt unversehrt und liegt Tage lang an dem Rande des Schwammes; an diese treten feine, nur äusserst schwierig sichtbare durchsichtige Fäden von unmessbarer Dicke auf, wie etwa bei *Actinophrys sol*, nur dass sie nicht deren Stärke erreichen und auch keine Körnchen enthalten. Solche Fäden sind mir bei Zellen von Flussschwämmen bisher nicht vorgekommen. Häufig werden dieselben ganz unmerklich eingezogen und es tritt eine Art Encystirung ein; der körnige Inhalt setzt sich scharf gegen die äussere Körperhülle ab, ganz

in der Weise, wie man es bei Actinophryen und Amöben beobachtet hat In einigen der Capseln fand ich mitten in der Körnchenmasse vier bis acht Monaden in lebhafter Bewegung; mehrmals brachen diese aus der Schale hervor, nahmen die Bewegung wie Amöben an und krochen unter Hervorstreckung hyaliner Fortsätze auf dem Boden des Glasgefässes eine Zeit lang umher, dann schwammen sie wieder frei im Wasser mit Hülfe ihrer Geisseln, deren ich nur eine bis jetzt an jedem Exemplare wahrnehmen konnte. Mehrmals sah ich dieselben Gebilde auch innerhalb des Körperparenchyms von Spongillen, welche im Absterben begriffen waren, und zwar in demjenigen Theil, welcher bereits todt war und sich durch Bewegungslosigkeit und beginnenden Zerfall charakterisirte, während das lebende Stück von einer mit Einströmungslöchern versehenen Haut begrenzt wurde, welche sich oft schlossen und wieder entstanden. Sie steckten sowohl in der äusseren Haut, als auch in den inneren Parenchymbalken. Man konnte sie auch hier für Schwammzellen halten, nur war es auffallend, dass sie allein übrig blieben, als das Parenchym bis auf einige unbewegliche schleimähnliche Fäden zu Grunde gegangen war. Sie können so überhand nehmen, dass man Haufen von Schwammzellen vor sich zu haben glaubt. Dass sie nicht integrirende Bestandtheile der Spongillen sind, geht mit vollster Sicherheit daraus hervor, dass sie nicht blos bei diesen vorkommen. Ich fand sie auch in den Eiern von Fischen und anderen Thieren, welche ich in ein grosses mit Wasser gefülltes Gefäss geworfen hatte. Hier waren sie sowohl in die kleinsten mikroskopischen, als auch in die grössten, schon mit blossem Auge sichtbaren Eier eingedrungen und verhielten sich ganz ähnlich, wie die bei den Schwämmen. Sie lagen in sehr verschiedener Menge in den verschiedenen Eiern und verdrängten allmählich den Körnerinhalt derselben vollständig; die amöbenartigen Bewegungen liessen sich oft in ihnen beobachten, oft lagen sie, aber auch ganz unbeweglich; auch die monadenartigen Gebilde kamen in ihnen vor. Fremde Körper nehmen sie in sich auf, wie andere Amöben; contractile Behälter konnte ich bisher nicht in ihnen auffinden. Es bleibt dahingestellt, ob die in

diesen Amöben auftretenden Monaden zu ihnen als Embryonen gehören, oder ob sie selbst wieder Parasiten derselben sind, welche wieder die Amöben zu Grunde richten: denn schliesslich bleibt von letzteren nur eine leere Körperhülle übrig, welche die Monaden durchbrechen und unzerstört zurücklassen. Jedenfalls ist aber diese Erscheinung insofern bemerkenswerth, als die von einigen Autoren angenommene Fortpflanzungsart, wonach ein mehrzelliges Thier, z. B. eine *Hydra*, in seine Zellen zerfallen soll, die sich eine Zeit lang amöbenartig bewegen und wegeströmen, um später zu demselben mehrzelligen Thier wieder auszuwachsen, als diese ohne Berücksichtigung des eben beschriebenen Vorgangs aufgestellt ist.

Ob bei den bewimperten Embryonen schon Theilung vorkommt, ist noch nicht sicher festzustellen. Ich habe nur wenige Mal Exemplare beobachtet, welche in der Mitte eingeschnürt waren (vergl. Fig. 4.). Während sich sonst bei diesen die feste Wimpern tragende Rindensubstanz gegen die weichere Masse im Inneren scharf absetzt, so dass gewissermaassen eine Höhle vorhanden ist, so fanden sich bei den eingeschnürten zwei solche Höhlen vor: dass wirklich eine Trennung zu Stande kam, habe ich nicht beobachtet. Ebenso wenig konnte ich feststellen, ob die Rindensubstanz aus Zellen bestand; die weichere Masse im Inneren hingegen, die noch viele der dunkeln, scharf contourirten Körner enthielt (Elementarbläschen), bestand sicher aus Zellen, die wohl in Folge eines Furchungsprocesses entstanden sein möchten; wenigstens deutet darauf Folgendes hin. Die im Frühling und Sommer in grosser Zahl in allen Theilen der Spongillen auftretenden Fortpflanzungskörper, aus welchen die bewimperten Embryonen hervorgehen, kommen nicht blos, wie früher beschrieben, als weissliche, für das unbewaffnete Auge eben noch sichtbare, von Elementarkörnern erfüllte Kugeln vor, sondern auch in folgenden Zuständen. In einer feinen structurlosen Hülle sind zwei kleinere, oder vier noch kleinere, oder acht wieder kleinere, von denselben Elementarkörnern erfüllte kuglige Gebilde eingeschlossen. Dieselben Entwickelungszustände habe ich früher schon bei dem in der Ostsee vorkommenden Schwamme beobachtet, aber die Kerne

der etwaigen Furchungszellen noch nicht aufgefunden, und ebenso hatte ich noch nicht Gelegenheit, die Entstehung des einen Zustandes aus dem anderen zu beobachten.

Die mitgetheilten Beobachtungen regen von neuem die Frage an, ob die Schwämme Individuenstöcke von amöbenartigen Thieren sind oder nicht. Dujardin hat zuerst die Behauptung aufgestellt, dass die Schwämme Haufen von Amöben und Monaden darstellen, welche die Horn- und Nadelgerüste erzeugen. Er hatte noch nicht die Eier, Zoospermien, die bewimperten Embryonen und ihre Entwickelung zu Schwämmen beobachtet, es war ihm noch unbekannt, dass die zahllosen contractilen und Wimperzellen eines Schwammes aus einer einzigen Zelle hervorgehen; ebenso wenig hatte er Kenntniss von der allen Schwämmen gemeinsamen Organisation, von dem Bau der Wimperapparate, der Existenz der mikroskopischen Einströmungslöcher und der Ausflussröhren. Carter, der Beobachtungen über eine in Ostindien vorkommende Spongille anstellte, fand auch hier die Ausströmungsvorrichtungen, er beschrieb auch die Gemmulae und das Auskriechen junger Spongillen aus denselben; die Eier, Samenfäden und bewimperten Embryonen kannte auch er nicht. Die von ihm erwähnten Abschnürungen einzelner Zellen und Zellenhaufen, wie auch die Bewegungsfähigkeit der einzelnen aus dem Zusammenhang gerissenen Zellen, und die vermuthete Fähigkeit der Wimperzellen, Indigopartikeln in sich aufzunehmen: diese Erscheinungen waren es namentlich, welche ihn veranlassten, der Annahme Dujardin's beizustimmen, dass die Schwammindividuen, deren Ausschlüpfen aus den Gemmulae er genau beschrieben hat, einen Individuenstock von rhizopodenartigen und monadenähnlichen Thieren darstellen. Wenn man die bisher über die Schwämme bekannt gewordenen Thatsachen nach dieser Auffassung ordnete, so würden die Schwammzellen als amöbenartige Thiere anzusehen sein, die in ganz bestimmter Weise auf den Skelete angeordnet erscheinen; die am äusseren Umfang in Form einer gemeinsamen Hülle des ganzen Individuenstockes auftretenden würden sich so lagern, dass sie zeitweise Oeffnungen zwischen sich lassen, die Einströmungslöcher, und anderer-

seits sich zu einer Ausströmungsröhre formiren; auf Reize verschiedener Art würden die die Ausströmungsröhre zusammensetzenden sich sämmtlich mit einem Male zusammenziehen, wodurch der Verschluss derselben zu Stande kommt; die die äussere Haut bildenden würden sich so contrahiren, dass die Einströmungsröhren geschlossen werden. Die monadenähnlichen Individuen erscheinen niemals auf der Oberfläche des Schwammkörpers, sondern leben nur im Inneren desselben und legen sich so an einander, dass sie kuglige oder ovale Hohlkörper darstellen, in deren Höhle die Wimpern hineinragen; sie bewirken die Strömungen des in die Einströmungsöffnungen eintretenden und aus den Röhren austretenden Wassers. Einige der amöbenähnlichen Individuen bilden die Fortpflanzungskörper, sie werden zu Samenzellen und Eiern, aus denen die erste Entwickelungsstufe des Individuenstockes in Form des bewimperten Embryo auftritt. Die Gemmulae stellen Cysten von ganzen Colonien dar; die sie bedeckenden Amphidisken entstehen in einer besonderen Abtheilung von Individuen, welche zur Zeit der Bildung der Schale sich auf deren Oberfläche neben einander lagern und die jene mannigfaltigen Formen der Kieselbildungen erzeugen.

Da die entgegenstehende Anschauungsweise in der obigen Darstellung der Beobachtungen festgehalten ist, so bedarf es keiner weiteren Auseinandersetzung derselben. Die Spongillenmassen, wie man sie gewöhnlich findet, müssen danach als Colonien aufgefasst werden, deren Individuen sich auf die sich bewegenden Embryonen zurückführen lassen. Die sich abschnürenden Zellenhaufen, aus denen wieder Spongillen hervorgehen, sind als eine eigenthümliche Form der Fortpflanzungskörper anzusehen. Eine Nothwendigkeit, diese Betrachtungsweise aufzugeben, liegt bis jetzt nicht vor.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Eigenthümlicher Contractionszustand einer Spongille. Mitten in der kugligen Anschwellung liegen fremde Körperchen angehäuft. An den Fäden sind keine Kerne und Kernkörper wahrzunehmen.

Fig. 2. Aeussere Haut mit Einströmungslöchern. Zellenkerne sind erkennbar, Zellengrenzen nicht.

Fig. 3. Unter der äusseren Haut, die hier keine Kerne zeigt, sondern nur äusserst durchsichtige Bläschen, während sie selbst ganz durchsichtig erscheint, unter ihr und ihr anliegend vereinzelte und in Reihen und dicht bei einander liegende Zellen mit Kernen; die Zellen in verschiedenen Contractionszuständen.

Fig. 4. Bewimperter Embryo mit kleinen Nadeln, in der Mitte eingeschnürt.

Fig. 5. Ganz zusammengezogener Schwamm mit kuglig zelliger Oberfläche, von der sich einzelne Zellen ablösen.

Die Eihüllen der Spitzmaus und des Igels.

Von

Dr. Otto Nasse.

Hierzu Taf. XVIII. B. Fig. 1—4.

1. Spitzmaus.

Die Placenten der Hunde wie der Katzen sind, wie den Embryologen seit geraumer Zeit bekannt ist, durch zwei grüne Ringe begrenzt, deren Farbe nach den Angaben von Barruel [1]) von einem der Galle ähnlichen Stoffe herrührt. Bischoff [2]) hat diesen Farbstoff mikroskopisch untersucht, und fand in demselben 1. spiessige lange Krystalle, die sich im Wasser bald auflösten; 2. einen schönen grünen Farbestoff in unregelmässigen Körnern, nicht in Zellen; 3. eine Menge kleiner rundlicher Kügelchen, ebenfalls in Wasser löslich; 4. grössere, schwach granulirte, mit einem Kern versehene, runde oder etwas längliche Zellen; 5. eine braune Masse; und 6. sparsame

1) Annal. des sc. nat. 1830. XIX. p. 380 ff.

2) Entwicklungsgeschichte des Hunde-Eies. Braunschw. 1845. S. 106.

grössere Fettzellen. Auch Meckel [1]) erklärt sich für die Verwandtschaft mit Gallengrün und legt ihm den Namen Haematochlorin bei.

Ueber die Verbreitung einer solchen Färbung in den Eihüllen der Säugethiere ist nichts bekannt. Von den Autoren, die über dieselbe handeln, erklärt nur Bischoff jenen Ring als den Fleischfressern eigenthümlich, ohne jedoch ausdrücklich einige derselben zu erwähnen, oder sich auf die Beobachtungen Anderer zu beziehen. Keinenfalls hat er wohl die zwar in mancher Beziehung den Carnivoren so ähnlichen, in anderer aber, und gerade in Beziehung auf die Eihüllen von ihnen so verschiedenen Insectivoren mit eingerechnet, bei deren einem, der Spitzmaus, ich im Laufe dieses Sommers ebenfalls einen grünen Farbestoff beobachtet habe. Derselbe hat aber, wie ich schon im voraus bemerken will, bei den Embryonen der Spitzmaus einen anderen Sitz als bei denen der Fleischfresser. Während er nämlich bei diesen in und um die Zotten des Chorions, sei es diffus, sei es, wie es wahrscheinlich Anfangs der Fall ist, in Zellen abgelagert ist, findet er sich bei jenen in dem den Dottersack und dessen Zotten bekleidenden Epithel. —

Wenn der Zeitpunct des Werfens nahe ist, wie dies bei den von mir beobachteten Embryonen nach ihrer Grösse (18 Mm. betrug die Länge jedes der sechs im Uterus befindlichen Eier), sowie nach ihrer ganzen Ausbildung zu schliessen, der Fall war, so ist der Uterus (Taf. XVIII. Fig. 1. *ut*) so ausgedehnt, dass man durch seine dünnen und durchsichtigen Wände deutlich die dunkelgrünen Eier zu erkennen vermag, dass der ganze Uterus wie ein mit grünen Pflanzentheilen gefülltes Darmstück aussieht. Nur da, wo die Placenten sich ansetzen, sind circumscripte, fleischrothe Stellen bemerkbar. Die Placenta (*pl*) selbst ist kreisförmig, der Durchmesser derselben beträgt bei Embryonen von der angegebenen Grösse, auf welche überhaupt die ganze Beschreibung sich bezieht, etwa 7 Mm. Sie lässt sich leicht vom Uterus abtrennen, und so gelingt es ohne Mühe, das ganze Ei aus dem Uterus herauszulösen. Das das Ei um-

1) Deutsche Klinik 1852. No. 41. p. 466.

ziehende Chorion (*ch*) ist sehr dünn, wird erst über der Placenta (*pl*), von deren Oberfläche (bis zur Insertion des Nabelstranges) es sich ziemlich leicht abheben lässt, dicker und undurchsichtiger. Auf das Chorion folgt, demselben dicht anliegend, die zu einer einfachen Membran zusammengefallene Dotterblase (*vu*), die ebenfalls das ganze Ei umgiebt, und mit ihrem freien Rande die zur Placenta gehenden Gefässe (*va*) fest umschliesst. Auf ihrer dem Chorion zugewendeten Seite finden sich Zotten, auf der inneren verlaufen die in der ganzen Membran und besonders in den Zotten sich vertheilenden Zweige der Vasa omphalomeseraica (*vom*). Das unter dem Dottersack liegende, den Embryo eng umschliessende Amnion (*am*) bietet keine Eigenthümlichkeiten dar. Mit den Gefässen der Placenta (*va*) verlaufen eine Strecke die Vasa omphalomeseraica (*vom*), und trennen sich dann von denselben, um, wenn sie zwischen Amnion und Dotterblase bis über den Rand der Placenta gelangt sind, sich in jener zu verästeln.

Es passt diese Beschreibung fast vollständig auf die Embryonen von Ratten und Mäusen, daher Milne-Edwards [1]) nicht mit Unrecht in seinem Versuche einer Eintheilung der Säugethiere nach der Gestalt der Placenta die Insectenfresser ganz nahe den Nagern stellt. Bei dem Vergleich der Embryonen der Spitzmaus mit den ebenfalls ausgetragenen Embryonen der Ratte fällt das Fehlen des Chorion bei den letzteren auf: die äusserste umhüllende Haut ist (wie dies ähnlich beim Kaninchen der Fall) die ebenfalls rings um den Embryo gehende Dotterblase, d. h. die aus dieser entstandene Membran. Das Chorion wird, wie man beim Durchgehen einer Reihe von Embryonen verschiedenen Alters erkennt, mit Zunahme dieses immer dünner und dünner, und geht schliesslich verloren. Dafür, dass dasselbe nicht, wie man wohl glauben könnte, mit der Dotterblase verschmolzen ist, spricht ausser der directen Beobachtung noch der Umstand, dass jene äusserste Membran der Rattenembryonen keine Spur einer Befestigung am Rande der Placenta besitzt, was bei der Richtigkeit einer solchen An-

1) Annal. des sc. nat. 3 série. I. 1844. p. 65 ff.

nahme der Fall sein müsste, da das Chorion bei diesen Thieren (im Gegensatz zur Spitzmaus) schon am Rande der Placenta mit dieser verschmilzt. Aber noch ein Zweites spricht gegen eine derartige Annahme. Die Dotterblase trägt nämlich Zotten schon zu jener Zeit, wo das Chorion noch vorhanden ist. Abgesehen davon, dass das Chorion sich wohl nicht leicht an die so sehr verzweigten Zotten anlegen könnte, ist es auch unwahrscheinlich, wenn man bedenkt, dass an den Stellen des Eies, wo dasselbe sich mit gefässhaltigen Zotten bedeckt, gerade das Chorion es ist, das die Zotten vorbildet, nicht aber das unter dem Chorion liegende Organ, dessen Gefässe sich in jene Zotten vertheilen sollen.

Kehren wir nun zu den Zotten des Dottersackes bei der Spitzmaus zurück, so ist zunächst über ihren Sitz zu bemerken, dass sie zwar über die ganze Dotterblase verbreitet sind, jedoch nicht gleichmässig. Während sie nämlich gerade über der Placenta am dichtesten stehen, die grösste Länge besitzen und zugleich am stärksten gefärbt sind, nimmt ihre Menge, Länge und die Stärke der Färbung vom Rande der Placenta an ab, so dass der der Placenta diametral gegenüberliegende Theil der Dotterblase am kahlsten und am wenigsten gefärbt ist.

Die Zotten enthalten sämmtlich Gefässe, und zwar je eins, und entsprechen auch in ihren Formen vollständig Gefässen. Von kurzen dickeren, nur wenig über die Oberfläche der Dotterblase hervorragenden Stämmen gehen zahlreiche, vielfach verzweigte und anastomosirende Aeste aus, die im Mittel einen Durchmesser von 0,03 Mm. haben, von welcher Dicke etwa zwei Fünftel auf das in der Zotte laufende Gefäss, drei Fünftel auf die umhüllende Membran und deren Epithel kommen. Zieht man unter Wasser von einem Ei das Chorion ab, so kann man die vorher dicht auf einanderliegenden und einen mehr oder weniger dichten, filzartigen, grünen Ueberzug bildenden Zotten flottiren machen. Ein Stück einer solchen Zotte ist Taf. XVIII. Fig. 2. bei 350facher Vergrösserung dargestellt. Das in ihr enthaltene Gefäss ist nur angedeutet.

Die ganze Oberfläche der den Dottersack repräsentirenden Membran, und so auch die Zotten, ist mit einem einschichti-

gen Pflasterepithel überzogen, dessen unregelmässig gestaltete, kernhaltige Zellen mit kleinen, stark lichtbrechenden, grünlichen Kügelchen gefüllt sind. Je nach Menge und Färbung dieser Kügelchen sind die Epithelialzellen mehr oder weniger undurchsichtig. Am dunkelsten sind sie, und dadurch die ganzen Zotten, wie bereits bemerkt, an dem über der Placenta liegenden Theil des Dottersackes, so dass man hier das in ihnen enthaltene Gefäss nicht ganz deutlich zu erkennen vermag.

Was nun die Natur des in den Zellen enthaltenen Farbestoffes angeht, so bemerkt man leicht beim Zusatz von Wasser zu einem Präparat, dass er von Wasser aufgenommen wird. Die Zellen werden dann immer blasser und blasser. Begünstigt wird die Lösung durch Erhitzen des Wassers. Ebenso vermag Alkohol und Aether den Farbestoff auszuziehen. Eine Lösung in Chloroform wollte mir jedoch nicht gelingen. Setzt man zu der wässerigen Lösung rauchende Salpetersäure, so erhält man, auch bei nur geringen Mengen der färbenden Substanz, sehr deutlich die bei Anwesenheit von Gallenfarbstoff auftretenden Farbenveränderungen.

Wir sind daher wohl berechtigt, diesen Farbestoff und den in den Placenten des Hundes vorkommenden für identisch zu halten. Als den Ursprung desselben möchte ich bei beiden das in der Nähe seines Sitzes, in den Gefässen des Dottersackes bei der Spitzmaus, in denen der Allantois bei dem Hunde circulirende Blut ansehen. Bei den letzteren freilich ist auch an das mütterliche Blut zu denken, wie denn auch Meckel[1]) sich entschieden für den Ursprung des Haematochlorins aus mütterlichem Blutextravasat ausspricht. Breschet[2]) findet in der Aehnlichkeit des die Placenten der Hunde färbenden Stoffes mit Gallenfarbstoff einen Beweis für die Analogie der Functionen der Placenta und der Leber während des Intrauterinlebens, die beide als blutbereitende Apparate anzusehen seien. Bevor aber überhaupt Vermuthungen über den Ursprung und die Bedeutung dieser eigenthümlichen Erscheinung aufgestellt werden,

1) A. a. O.

2) Annal. des sc. nat. XIX. 1830.

sollte billiger Weise zuvor genau die Zeit des ersten Auftretens derselben, besonders mit Berücksichtigung der Entwicklungsstufe des Embryos zu dieser Zeit festgestellt werden. Des bestimmteren Sitzes wegen verspricht die Untersuchung bei den Embryonen der Spitzmaus mehr Erfolg als bei denen des Hundes. Ich halte es nicht für unwahrscheinlich, dass trotz des verschiedenen Sitzes bei den beiden genannten Embryonen die Bedeutung des in Frage stehenden Vorganges dieselbe ist, denn bei beiden ist es ja die äussere Oberfläche des Eies, in deren Nähe die Bildung und Ausscheidung der färbenden Substanz vor sich geht.

2. Igel.

Wenn man die Insectivoren auf ihre Eihüllen untersucht, so erscheint die oben erwähnte Eintheilung der Säugethiere von Milne-Edwards [1]) als eine viel zu allgemeine, denn unter ihnen finden sich so grosse Verschiedenheiten in der Bildung der Eihüllen, dass die allerdings Allen gemeinschaftliche placenta discoide, deren Bau und Grösse im Verhältniss zum Embryo noch gar nicht berücksichtigt sind, nicht berechtigt, dieselben nur als eine einzige Gruppe, wie es in der Zoologie geschieht, aufzufassen [2]). Als Beispiel hierzu dienen die im Folgenden zu betrachtenden Embryonen des Igels, die den Nagern zwar durch die Form ihrer Placenta, keineswegs aber durch die Beschaffenheit ihrer übrigen Eihäute nahe stehen. Besonders der Dottersack, der bei den Nagern das Ei als eine Membran umgiebt, ist bei jenen ganz anders beschaffen, er bleibt einen grossen Theil des Intrauterinlebens hindurch (ob bis zur Geburt, vermag ich nicht zu entscheiden) eine Blase.

Der von mir untersuchte Uterus eines Igels enthielt acht Eier, von denen jedoch vier nur aus einer Placenta und Re-

1) A. a. O

2) Bereits im Jahre 1822 hat Everard Home bekanntlich die Formen der Placenten zur Grundlage einer Eintheilung der Säugethiere gemacht, und zwar ohne alle Rücksicht auf das System der Zoologie (Philos. transact. 1822. p. 401 ff.). Es ist hier jedoch nicht der Ort, auf diesen Gegenstand näher einzugehen.

sten von Eihäuten bestanden, während die Embryonen, wie man aus dem umgebenden missfarbigen Blute schliessen durfte, in welchem keine Spur eines Embryo zu entdecken war, bereits seit einiger Zeit abgestorben sein mussten. Die vier normalen Eier selbst besitzen verschiedene Grössen, die Länge der Embryonen schwankt zwischen 15 und 19 Mm. Das aus dem Uterus entfernte Ei ist fast kugelig (Taf. XVIII. Fig. 3.); die Placenta (*pl*) ist im Verhältniss zur Grösse des Embryo bedeutend grösser und dicker als bei irgend einem Nager. Sie ist mit einer ovalen Fläche (*pl'*) dem Uterus angeheftet und schwer von ihm zu trennen, jedoch ist die Trennungsfläche glatt, dabei fest und weiss, und zeigt nur wenige grössere Gefässlumina. Ein senkrechter Durchschnitt durch die Placenta zeigt an derselben einen unteren festeren, senkrecht strahligen, anscheinend gefässarmen, und einen scharf von diesem getrennten oberen, weicheren, gefässreichen Theil. Die Vertheilung der Gefässe habe ich nicht verfolgt.

Die das Ei umhüllende Haut erweist sich als das Chorion (Taf. XVIII. Fig. 4. *ch*), das sich am Rande der Placenta festsetzt und von deren Oberfläche sich nicht abziehen lässt. Auf der etwas concaven Oberfläche der Placenta liegt, ähnlich wie man dies beim Kaninchen findet, die Allantois (*all*), deutlich noch als Blase zu erkennen, jedoch durch die von den Wänden mehr oder weniger sich ablösenden und in das Parenchym der Placenta direct eintretenden Gefässe mit Scheidewänden im Inneren versehen.

Bei dem noch uneröffneten Ei (Taf. XVIII. Fig. 3.) fällt sogleich ein unter dem Chorion liegender, etwa 5 Mm. breiter, unregelmässig der Länge oder der Quere nach über den Embryo sich hinziehender, röthlicher Streifen (*vu*) in die Augen, der, wenn man das Chorion eröffnet (was, um nichts zu verletzen, am besten durch einen Circulärschnitt am Rande der Placenta geschieht,) als eine zusammengefaltete, im Inneren der Falte mit Papillen besetzte, zum Theil mit dem Chorion, zum Theil mit dem Amnion zusammenhängende Membran sich zu erkennen giebt. Bei näherer Untersuchung endlich zeigt es sich, dass es die unregelmässig zusammengefaltete Dotterblase

ist, die man durch eine künstlich gemachte Oeffnung leicht aufblasen und so bequem in ihren Eigenthümlichkeiten studiren kann (Taf. XVIII. Fig. 4. *vu*). Sie ist oben und unten abgeplattet und besitzt an ihrer unteren, dem Embryo zugewendeten und mit dem Amnion leicht verklebten Fläche einen Stiel, durch welchen die schon gleich nach Austritt aus der Bauchhöhle von den Placentargefässen sich ablösenden Vasa omphalomeseraica (*vom*) eintreten. An ihrer oberen Fläche legt sich das Chorion (*ch*) an, und zwar so fest, dass man nur mit der grössten Vorsicht es abzulösen im Stande ist. (In der Figur ist die Ablösung nicht ausgeführt.) Die zwischen Chorion und Amnion liegende Zone der Dotterblase ist, bei einigen Embryonen auf der ganzen Peripherie, bei anderen auf einem Theil derselben, mit gefässreichen Papillen besetzt, und diese Papillen sind es, die man von aussen durchschimmern sieht. Sie sind ganz verschieden von den Zotten auf dem Dottersack der Spitzmaus. Während diese lang und dünn sind, Schlingen bilden, sind die Papillen bei den Embryonen des Igels niedrig (bei den grösseren Embryonen $^1/_4$—$^1/_3$ Mm. hoch), fast ebenso dick als hoch, meist keulenförmig, undurchsichtig. Sie stehen meist in Gruppen zu vier bis acht, sind am stärksten entwikkelt am Aequator der Dotterblase, und nehmen von diesem nach den Polen zu schnell an Menge und Grösse ab. Ein Ueberzug von Pflasterepithel, jedoch ohne Farbestoff, findet sich auch bei ihnen. Auf der Innenseite der Dotterblase liegt das Netzwerk der vorzugsweise die Papillen versorgenden und in ihnen Schlingen bildenden Gefässe. Von einem Inhalte des Dottersackes kann in dieser Zeit der Trächtigkeit nicht mehr die Rede sein, die Wände liegen dicht auf einander.

Welche Veränderung der Dottersack in der späteren Zeit noch eingeht, ist mir unbekannt. Es ist mehr als unwahrscheinlich, dass er noch die bei den Embryonen der Nager sich findende Gestalt annimmt, denn seine Form in der Mitte des Fötallebens deutet nicht im Geringsten darauf hin. Auch ist in Erwägung der verhältnissmässig so sehr entwickelten Placenta eine Unterstützung ihrer Thätigkeit wohl nicht nöthig. So lange aber der Dottersack in der beschriebenen Form ver-

harrt, kann ihm so gut wie gar keine Thätigkeit zugeschrieben werden, da so viele Häute die Gefässenden in demselben von der Uteruswand trennen, und so jeder Austausch von Gasen oder Flüssigkeiten zwischen fötalem und mütterlichem Blut ausserordentlich erschwert wird.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Schematische Darstellung der Eihäute der Spitzmaus.
- *ut* Uterus.
- *pl* Placenta.
- *ch* Chorion.
- *vu* Dotterblase.
- *am* Amnion.
- *va* Allantois- (Placenta-) Gefässe.
- *vom* Vasa omphalomeseraica.

Fig. 2. Stück einer Zotte vom Dottersack der Spitzmaus, 350mal vergrössert. Bei *a* Epitheljalzellen, aus denen der Farbestoff entfernt ist.

Fig 3. Ei des Igels in natürlicher Grösse.
- *pl* Placenta.
- *pl'* Untere Fläche der Placenta, dem Uterus anliegend.
- *em* Der von den Eihäuten eingeschlossene Embryo.
- *vu* Die durch das Chorion sichtbaren Papillen auf der Dotterblase.

Fig. 4. Dasselbe Ei geöffnet.
- *pl* und *pl'* wie in Fig. III.
- *em* der im Amnion liegende Embryo.
- *ch* Chorion, zum Theil an der Placenta, zum Theil an der Dotterblase sitzend.
- *vu* Dotterblase, künstlich durch Luft ausgedehnt.
- *vom* Stiel derselben, die Vasa omphalomeseraica enthaltend.
- *va* Gefässe der Allantois (Placenta),
- *all* Rest der Allantois.

Marburg, August 1863.

Ueber den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut.

Von

ADOLF FICK.

(Hierzu Tafel XX.)

Lässt man eine Scheibe mit verschieden hellen Sectoren um eine zu ihrer Ebene senkrechte Axe rotiren, so erscheinen bekanntlich die Grenzlinien der Sectoren nicht vollkommen scharf, und sowie die Drehungsgeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet, erscheint die ganze Scheibe in vollkommen gleicher Helligkeit, welche sich nun bei weiterer Steigerung der Geschwindigkeit nicht mehr ändert. Der Grad dieser scheinbar überall gleichen Helligkeit soll genau die „mittlere Helligkeit" der Scheibe sein, d. h. die rotirende Scheibe soll genau so hell erscheinen, wie eine Scheibe von überall gleicher Helligkeit, welche im Ganzen eben so viel Licht aussendet. Denken wir uns also z. B. eine Scheibe zur Hälfte weiss von der Helligkeit 1, zur Hälfte schwarz von der Helligkeit Null, so sollte sie bei schneller Drehung genau von der Helligkeit $^1/_2$ erscheinen. Eine Scheibe, welche einen Quadranten jenes Weiss enthielte auf $^3/_4$ schwarz, würde eine Helligkeit = $^1/_4$ zeigen. Allgemein würde eine Scheibe, von deren Oberfläche der $n$te Theil weiss ist, $\frac{n-1}{n}$ schwarz, bei der schnellen Rotation eine Helligkeit = $\frac{1}{n}$ zeigen. Es ist dabei

gleichgültig, ob der weisse Theil der Oberfläche in einen zusammenhängenden Sector vereinigt oder auf mehrere kleinere Sectoren vertheilt ist. Die scheinbare Helligkeit der rasch rotirenden Scheibe hängt nur ab von dem Verhältniss der Gesammtoberfläche aller weissen zur Gesammtoberfläche aller schwarzen Sectoren.

Vorstehende Sätze sind seit vielen Jahren bekannt und gelten gleichsam für selbstverständliche Wahrheiten. In der gegebenen oder in noch allgemeinerer Fassung sind sie wiederholt von Physiologen und Physikern vorgetragen. Man hat darauf sogar Methoden der Photometrie und Farbenmischung gegründet.

Es versteht sich von selbst, dass die fraglichen Erscheinungen keine objectiven sind. Unsere Scheibe sendet eben in noch so schnelle Drehung versetzt Licht von verschiedener Intensität aus. Dass die Scheibe gleichmässig hell erscheint, ist lediglich durch die Beschaffenheit unserer Netzhaut bedingt. Der Satz über den bestimmten Grad der scheinbaren Helligkeit der rotirenden Scheibe liefert noch eine nähere Bestimmung dieser Beschaffenheit der Netzhaut. Helmholtz hat dieselbe so formulirt: „Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmässig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird, und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein continuirlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode eintretende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode vertheilt würde.“ (Physiol. Optik S. 339.)

Wenn man sich den physiologischen Vorgang beim Anschauen der rotirenden Scheibe im Einzelnen vorstellt und mathematisch formulirt, so gewinnt der Satz von der Helligkeit eine neue Gestalt, in welcher er eine fundamentale Eigenschaft der Sehnervenfaser und vielleicht der Nervenfaser überhaupt ausspricht. Um von bestimmten Vorstellungen auszugehen, denken wir eine Scheibe, auf der ein Sector von n Graden weiss ist; die Leuchtkraft dieses Weiss nehmen wir als Einheit. Der

Rest der Scheibe (360 $-n$ Grade) sei schwarz mit der Leuchtkraft Null. Die Scheibe sei anfangs in Ruhe und ein beobachtendes Auge fixire einen Punkt des schwarzen Theiles. Das Auge soll während der ganzen folgenden Vorgänge seine Fixationsrichtung genau beibehalten. Jetzt werde plötzlich der Scheibe eine Drehungsgeschwindigkeit ertheilt, hinreichend gross, um sie gleichmässig grau erscheinen zu machen. Der Erregungsvorgang in der Netzhautmitte wird nun offenbar folgender sein: Zu Anfang hat die Erregung den Werth Null. In dem Augenblick, wo der weisse Sector anfängt die Fixationsrichtung zu schneiden, wird der Reiz auf der Netzhautmitte in seiner vollen Stärke zu wirken beginnen, und so lange wirken, bis ein Punct des anderen Randes vom weissen Sector in die Fixationsrichtung kommt. Dann folgt wieder ein Zeitraum, während dessen kein Reiz wirkt, so lange als sich die Fixationsrichtung im Bereiche des schwarzen Sectors befindet, hierauf wirkt wieder der Reiz, während abermals der weisse Sector vorübergeht u. s. w., in unbegrenztem regelmässigen Wechsel. Die Dauer jedes Zeitraumes, in welchem der constante Reiz wirkt, ist offenbar $\frac{n}{360} \cdot T$, die Dauer jedes Zeitraumes ohne Reiz ist $\left(1 - \frac{n}{360}\right) T$, wenn wir die volle Umlaufszeit der Scheibe mit T bezeichnen. Betrachten wir den ersten Reizzeitraum, so ist klar, dass im Augenblicke seines Beginnens nicht derjenige Erregungsgrad in der Netzhaut entstehen kann, welcher (von der Ermüdung abgesehen) andauernd besteht, wenn der Reiz unseres weissen Lichtes andauernd wirkt. Die Nervensubstanz ist vielmehr so träge, dass es eine merkliche Zeit dauern muss, ehe ein constanter Reiz seine volle Wirkung entfaltet. Nun ist, wie unsere Erscheinung selbst zeigt, unter den gemachten Voraussetzungen die Vorübergangszeit des weissen Sectors bedeutend kleiner, als jene Zeit. Der ganze weisse Sector ist schon längst vorüber, ehe die Erregung den nach unserer Voraussetzung für andauernden Reiz geltenden Werth 1 erreicht hat. Wir werden die ganze Sache am bequemsten überschauen, wenn wir uns die

Erregungsstärke in der Netzhautmitte als Function der Zeit graphisch darstellen. In Fig. 1. sollen die Abscissen die Zeiten und die Ordinaten die zugehörigen Werthe der Erregungsstärke bedeuten. Als Maassstab der Ordinaten mag die Linie *ab* angesehen werden, welche der Einheit gleich sein soll. Zur Zeit t_0 beginne nun die Reizung, indem der Rand des weissen Sectors zum ersten Mal in die Gesichtslinie kommt. Der Vorübergang des weissen Sectors dauere bis t_1. Während des Zeitraums $t_1 - t_0$ hat aber die Ordinate (Erregung) noch nicht den Werth $ab = 1$ erreichen können, bis zu welchem sie eben anwachsen würde, wenn der Reiz immer fortdauerte. Sie mag von Null bis etwa $t_1 p_1$ während dieser kleinen Zeit angewachsen sein. Zur Zeit t_1 hört nun der Reiz auf, und wirkt so lange nicht, als der schwarze Sector vorübergeht. Dieser Vorübergang mag eine Zeit $t_2 - t_1$ dauern. Die Erregung hört natürlich wegen der Trägheit der Nerven nicht im Augenblick t_1 gänzlich auf, sondern sinkt nur stetig. Sie mag zur Zeit t_2 den Werth $t_2 p_2$ erreicht haben. Nun beginnt der Reiz von neuem während einer Zeit $t_3 - t_2 = t_1 - t_0$ zu wirken. Dadurch kommt die Erregung wieder in's Steigen, und erreicht zur Zeit t_3 einen Werth $t_3 p_3 > t_1 p_1$. Dann kommt wieder ein Zeitraum der Reizlosigkeit, dann wieder einer des wirkenden Reizes u. s. w. In jedem Zeitraum der Reizlosigkeit wird die Erregung ein wenig sinken, in jedem Zeitraum des wirkenden Reizes wird sie ein wenig steigen. Unsere Erscheinung sagt nun zunächst aus, dass diese Schwankungen des Erregungswerthes sehr bald in einen stationären Zustand kommen, so dass sie zwischen gleichen Maximis ($t_9 p_9 = t_{11} p_{11} = t_{13} p_{13} =$ etc.) und gleichen Minimis ($t_{10} p_{10} = t_{12} p_{12} = t_{14} p_{14} =$ etc.) geschehen. Dieser stationäre Zustand zeigt sich darin, dass die Scheibe ihr Ansehen nach den ersten Augenblicken nicht mehr ändert. Die Erscheinung lehrt zweitens, dass sehr kleine Schwankungen der Erregungsstärke nicht als solche wahrgenommen werden, sondern den Eindruck durchaus constanter Beleuchtung machen. Dies bezieht sich vielleicht auf einen wirklichen materiellen Vorgang in den Nervenelementen. Es wäre nämlich denkbar, dass die

Schwankungen der Erregungsstärke bei der Fortpflanzung zu den Organen des Bewusstseins sich wirklich verwischten, so wie sich die Druckschwankungen im arteriellen Gefässsystem verwischen bei der Fortpflanzung der Wellen nach den Haargefässen. Man kann sich aber auch mit Fechner (Psychophysik I. 249) vorstellen, dass zwar die Nervenerregung auf- und abwogt, dass die Unterschiede aber nicht bewusst werden, weil sie zu klein sind, um die „Unterschiedsschwelle" zu betreten. Die Erscheinung der rotirenden Scheibe lehrt ferner dass der Mittelwerth, um welchen die Erregungsstärke schwankt, unabhängig ist vom absoluten Werthe der Zeiträume $t_1 - t_0$, $t_2 - t_1$ u. s. w. Wofern diese nur überhaupt hinlänglich klein sind, hängt der Mittelwerth der Erregungsstärke nur ab vom Verhältniss der Zeiträume des wirkenden Reizes zu den Zeiträumen der Reizlosigkeit; denn man weiss, dass die Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe keinen Einfluss auf ihre scheinbare Helligkeit hat, wofern sie nur überhaupt gross genug ist.

Ist das allgemein angenommene Gesetz über die scheinbare Helligkeit der gedrehten Scheibe wirklich richtig, so können wir den so eben ausgesprochenen Sätzen noch den folgenden hinzufügen: Der Mittelwerth der Erregung im stationären Zustande verhält sich zu dem Werthe der Erregung, welcher bei unbegrenzt dauerndem Reize erreicht wird, so, wie sich ein Zeitraum des wirkenden Reizes verhält zur Summe eines solchen und eines reizlosen Zeitraumes.

Diesen letzteren Satz werden wir nun mathematisch formuliren und werden dann in ihm den Ausdruck einer merkwürdigen Eigenschaft der Nervensubstanz kennen lernen. Wir wollen die variabele Erregung eines Netzhautelementes mit x bezeichnen. Sie kann angesehen werden als eine Function der Zeit $x = F(t)$, wenn wir uns denken, dass ein Reiz zu irgend einer Zeit (t_0) anfängt zu wirken und nun in constanter Stärke und unbegrenzter Dauer fortwirkt. Eine Eigenschaft dieser Function $F(t)$ lehrt uns jeder Aufschlag der

Augenlider. $F(t)$ wächst vom Augenblick t_0, mit dem Werthe Null beginnend, während einer sehr kurzen Zeit bis zu einem gewissen Grenzwerthe, welchen die Function dann (von der Ermüdung abgesehen) unverändert beibehält. Dieser Werth ist also von t fernerhin unabhängig, er hängt vielmehr nur von der Reizstärke ab In der folgenden Betrachtung soll die Reizstärke immer so gross gedacht sein, dass dieser Grenzwerth $= 1$ ist.

Wir können zweitens die Erregungsstärke ansehen als eine andere Function der Zeit $x = f(t)$, wenn wir annehmen, dass der Reiz in einem gewissen Augenblick t_n aufhört zu wirken. In der auf t_n folgenden Zeit wird der Werth von $f(t) = x$ immer kleiner und kleiner werden und mehr oder weniger bald gänzlich verschwinden Von dieser Function der Zeit können wir auch eine Eigenschaft sofort aussagen, die wir bei jedem Augenlidschluss gewahr werden: Geht die Erregungsstärke im Augenblick t_n von dem oben definirten Grenzwerthe aus, so sinkt der Werth von $x = f(t)$ anfangs sehr rasch, und dann immer langsamer, so dass er sich wahrscheinlich der Null nur asymptotisch nähert.

Wir denken uns jetzt von den beiden Functionen $F(t)$ und $f(t)$ die Differentialquotienten nach der Zeit genommen. $\frac{dF(t)}{dt}$ und $\frac{df(t)}{dt}$ werden zwei neue Functionen von t sein. Denken wir uns ferner aus der Gleichung $x = F(t)$ die unabhängige Variable t als Function von x dargestellt, und substituiren wir dieselbe für t in $\frac{dF(t)}{dt}$, dann erhalten wir eine Function von x, die mit $\varphi(x)$ bezeichnet werden mag. Sie lässt sehen, wie schnell die Erregung bei constant bleibendem Reize weiter wächst, wenn sie den Werth x gerade erreicht hatte. Ebenso stellen wir aus $x = f(t)$ t als Function von x dar und substituiren es in den Differentialquotienten $\frac{df(t)}{dt}$. Dadurch erhalten wir eine zweite Function von x, — sie werde mit $\chi(x)$ bezeichnet — welche ausdrückt, wie rasch die Erregung bei Reizlosigkeit sich weiter verändert, wenn sie bis zum Werthe x gesunken ist.

Mit Hülfe dieser beiden Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$ können wir nun die Bedingung des stationären Zustandes der Erregungsschwankungen leicht mathematisch formuliren. In der That betrachten wir die Dauer eines Umlaufes der gedrehten Scheibe und lassen wir sie beginnen mit dem Augenblick, wo gerade der weisse Sector vortritt. Es verhalte sich der Centriwinkel des weissen Sectors zu dem des schwarzen $= m : n$. Ist nun die Umlaufszeit der Scheibe $= \tau$, so dauert der Vorübergang des weissen Sectors die Zeit $\frac{m}{m+n}\,\tau$ und hernach der Vorübergang des schwarzen eine Zeit $\frac{n}{m+n}\,\tau$. Beide Zeiträume müssen sehr klein gedacht werden, daher wir während derselben die Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$ als constant betrachten dürfen. Wenn nun im Anfang des ersten Zeitraumes der Erregungswerth x war, so wird er während desselben anwachsen auf $x + \frac{m}{m+n}\,\tau \cdot \varphi(x)$. Nun hört der Reiz auf und die Geschwindigkeit der weiteren Veränderung der Erregung misst sich mittelst der Function $\chi(x)$. Diese Veränderung muss daher, von Grössen höherer Ordnung als die Länge unserer Zeiträume abgesehen, während der jetzt folgenden reizlosen Zeit $\frac{n}{m+n}\,\tau \cdot \chi(x)$ betragen. Nach Verfluss der ganzen Umlaufszeit τ wird demnach der Anfangswerth x der Erregungsstärke übergegangen sein in den Werth

$$x + \frac{m}{m+n}\,\tau \cdot \varphi(x) + \frac{n}{m+n}\,\tau \cdot \chi(x)$$

Soll nun aber der Zustand ein stationärer sein, so muss dieser neue Werth der Erregung am Ende der Umlaufszeit dem alten am Anfange derselben gleich sein, d. h.

$$x + \frac{m}{m+n}\,\tau \cdot \varphi(x) + \frac{n}{m+n}\,\tau \cdot \chi(x) = x \text{ oder}$$

$$\frac{m}{m+n}\,\tau \cdot \varphi(x) + \frac{n}{m+n}\,\tau \cdot \chi(x) = 0 \text{ oder endlich}$$

$$m\varphi(x) + n \cdot \chi(x) = 0 \ldots\ldots (1)$$

Da die beiden Grössen m und n nothwendig positiv sind,

so lehrt die Gleichung erstens, dass die Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$ nothwendig entgegengesetzte Vorzeichen haben müssen. In der That ist der Natur der Sache nach $\varphi(x)$ stets positiv, da ja die Erregung, so lange ein constanter Reiz wirkt (immer von der Ermüdung abgesehen), nie abnehmen kann. Ebenso muss $\chi(x)$ nothwendig immer negativ sein, da die Erregung, so lange gar kein Reiz wirkt, nie zunehmen kann.

Kennte man die Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$, so würde die Gleichung (1) zu jedem m und n einen Werth von x liefern, und dieser wäre von der Umlaufszeit unabhängig, da τ aus der Gleichung herausgefallen ist. Dies ist der bekannte oben schon ausgesprochene Satz, dass die scheinbare Helligkeit der Scheibe allein vom Verhältniss $\frac{m}{n}$ oder $\frac{m}{m+n}$ abhängig ist. In der That kann man ja der Gleichung (1) noch die Form geben

$$\frac{m}{n}\varphi(x)+\chi(x)=0 \ldots . (1a)$$

in der die beiden Grössen m und n nicht mehr getrennt auftreten.

Es ist gut zu bemerken, dass der durch die Gleichung (1) bestimmte Werth von x zunächst zwar das Minimum ist, bis zu welchem die Schwankungen der Erregungsstärke herabreichen. Da aber die Schwankungen in den Bruchtheilen der kleinen Umlaufszeit τ schon selbst sehr klein sind, so kann man unbedenklich den Werth von x in Gleichung (1) ansehen als den Mittelwerth der Erregung im stationären Zustande.

Dieser Mittelwerth soll nun nach dem Satze von der scheinbaren Helligkeit der gedrehten Scheibe in einfacher Beziehung zum Verhältniss $\frac{m}{n}$ stehen. Man wird also Gleichung (1) benutzen können, um Aufschlüsse über die Natur der Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$ zu erhalten, so gut wie man umgekehrt die Beziehung zwischen jenem Mittelwerth und dem Verhältniss $\frac{m}{n}$ finden könnte, wenn die Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$ bekannt wären. Unter den hier gemachten Voraussetzungen

sollte nach dem in Rede stehenden Satze der Mittelwerth der Erregung im stationären Zustande, d. h. die scheinbare Helligkeit der gedachten Scheibe $= \frac{m}{m+n} = \frac{\frac{m}{n}}{\frac{m}{n}+1}$ sein.

Der Kürze wegen wollen wir das Verhältniss $\frac{m}{n}$ mit einem Buchstaben α bezeichnen, dann haben wir $\frac{\alpha}{\alpha+1} = x$ oder $\alpha = \frac{x}{1-x}$. Diesen Werth von α oder $\frac{m}{n}$ wollen wir nun in Gleichung (1a) substituiren und erhalten dann die Gleichung

$$\frac{x}{1-x}\varphi(x) + \chi(x) = 0 \ldots\ldots \quad (2)$$

Diese Gleichung stellt, wie man sieht, eine höchst einfache Beziehung zwischen den Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$, also mittelbar zwischen den Functionen $F(t)$ und $f(t)$ dar. Im Anschluss an den bestehenden Sprachgebrauch will ich fernerhin die Function $f(t)$ die Function des „Abklingens" der Erregung im Sehnerven nennen. Für $F(t)$ schlage ich den analog gebildeten Namen des „Anklingens" der Erregung vor, den ich hier auch vorläufig gebrauchen werde.

Sobald also die Form einer dieser beiden Functionen gegeben wäre, so würde die Form der anderen mittelst Gleichung (2) zu finden sein.

Beachten wir, dass für $x = 1/2$ der Quotient $\frac{x}{1-x} = 1$, dass er für $x > 1/2$ grösser und für $x < 1/2$ kleiner als 1 ist, so können wir sofort folgende Sätze aus Gleichung (2), der wir die Form $\chi(x) = -\frac{x}{1-x}\varphi(x)$ geben wollen, herauslesen: Wenn die Erregung beim Abklingen auf die Hälfte ihres ursprünglichen Werthes gesunken ist, so sinkt sie im nächsten Zeitdifferential mit genau derselben Geschwindigkeit weiter, mit welcher sie beim Anklingen in demjenigen Augenblicke steigt, in welchem sie gerade die Hälfte ihres vollen Grenzwer-

thes erreicht hat. Für jeden geringeren Werth der Erregung ist die Geschwindigkeit des Anklingens ($\varphi(x)$) grösser als die Geschwindigkeit des Abklingens, und für jeden grösseren Werth ist die Geschwindigkeit des Abklingens grösser als die des Anklingens.

Es ist nun offenbar im höchsten Grade unwahrscheinlich, fast möchte ich sagen undenkbar, dass zwischen zwei Functionen, welche höchst complicirte physiologische Vorgänge darstellen, eine so einfache mathematische Beziehung bestehen sollte, wie sie durch Gleichung (2) ausgedrückt ist. Diese Gleichung kann nicht wohl der vollkommen scharfe Ausdruck des wahren Sachverhaltes sein. Das heisst aber mit anderen Worten: Der an die Spitze gestellte Satz von der scheinbaren Helligkeit einer gedrehten Sectorenscheibe kann nicht wohl streng richtig sein.

Dieser Gedankengang bestimmte mich, die Richtigkeit des Satzes durch neue Versuche zu prüfen. Ich liess mich nicht abschrecken durch den Umstand, dass Plateau und Helmholtz schon Versuche angestellt haben, deren Ergebniss den Satz zu bestätigen scheint. Helmholtz hat höchst sinnreiche Methoden angewandt, doch scheint er keine ausgedehnten Versuchsreihen angestellt zu haben, denn er erwähnt sie nur gelegentlich und vorübergehend in seiner physiologischen Optik (S. 339 u. 340). Plateau giebt bei Beschreibung seiner Versuche (Pogg. Annalen Bd. 35. S. 457 u. flg.) ausführlich die Zahlenwerthe an. Seine Methode war die directe photometrische Vergleichung der rotirenden Scheibe mit einer weissen Fläche von gleicher Helligkeit mit dem weissen Sector der Scheibe. Er maass nämlich die beiden Entfernungen, in welche die rotirende Scheibe und die weisse Fläche von ein und derselben Lichtquelle gestellt werden mussten, damit sie dem Auge gleich hell erscheinen. Die scheinbare Helligkeit der Scheibe verhält sich nun offenbar zur Helligkeit ihres weissen Sectors wie das Quadrat der Entfernung der Scheibe zum Quadrat der Entfernung der weissen Fläche von der Lichtquelle. Das so gefundene Verhältniss sollte übereinstimmen mit dem

Verhältniss des weissen Sectors zur ganzen Oberfläche. In der That weichen die so gefundenen Zahlen nicht weit von einander ab, allein es ist doch bemerkenswerth, dass von den fünf photometrischen Bestimmungen der Helligkeit der gedrehten Scheibe, welche Plateau giebt, vier grösser sind als sie nach dem Gesetze sein sollten. Nur eine ist kleiner und zwar sehr wenig. Man könnte allenfalls hierin schon eine Andeutung finden, dass das Gesetz nicht streng richtig ist, dass vielmehr das intermittirende Licht ein wenig im Uebergewicht ist. Dieser Schluss würde jedoch voreilig sein, da in Plateau's Versuchen eine Fehlerquelle liegt, welche ohnehin dem intermittirenden Lichte ein scheinbares Uebergewicht verschaffen muss. Es wechseln nämlich bei Plateau in Wirklichkeit nicht die Zeiträume des Reizes mit Zeiträumen absoluter Reizlosigkeit, denn das Schwarz auf Plateau's Scheibe ist kein absolutes. Es ist eben eine schwarze Oberfläche in derselben Beleuchtung wie die übrige Scheibe. Wir werden aber bald sehen, welche Lichtmengen selbst die schwärzesten Flächen zurückwerfen. Plateau's Versuche können also nicht selbst benutzt werden, um etwaige kleine Abweichungen von dem Gesetze sicher zu stellen.

Meine eigenen Versuche habe ich nach demselben Principe angestellt wie Plateau. Nur habe ich nicht direct, sondern indirect die Helligkeit der rotirenden Scheibe mit der Helligkeit ihres weissen Sectors verglichen. Ich verschaffte mir nämlich runde Scheiben von verschiedenen grauen Tönen, worunter übrigens auch solche waren, welche man im gemeinen Leben schwarz nennt. Ich habe 5 Scheiben benutzt, welche ich der Reihenfolge ihrer Helligkeit nach mit römischen Ziffern bezeichnen werde. Für diese Scheiben bestimmte ich nun zunächst das Verhältniss ihrer Helligkeit zur Helligkeit eines papierweissen Cartons, ganz in der Weise Plateau's. Auf einer langen Latte im gänzlich verfinsterten Zimmer wurde eine Steinöllampe aufgestellt, in abgemessener Entfernung davon die Scheibe. Um die Lampe herum waren verschiedene Schirme aufgestellt, so dass nur auf die Scheibe und ihre nächste Umgebung das directe Lampenlicht fallen konnte. Hinter die Scheibe

wurde der weisse Carton aufgestellt und ein Gehülfe verschob ihn so lange, bis der Beobachter fand, dass er in derselben Helligkeit erscheine wie die graue Scheibe. Die Entfernung von der Lichtquelle wurde nun an einem auf der Latte angebrachten Maassstabe notirt. Solcher Bestimmungen wurden allemal 10 hinter einander gemacht, und zwar wurde abwechselnd das eine Mal der Carton aus zu grosser Nähe, das andere Mal aus zu grosser Ferne verrückt. Solcher Gruppen von 10 Versuchen wurden für jede der 5 Scheiben viele gemacht von verschiedenen Beobachtern und bei verschiedenem Abstande der Scheibe von der Lichtquelle. Für jede Gruppe von 10 Versuchen wurde das Mittel aus den Ablesungen des Abstandes der Lichtquelle von der weissen Fläche genommen. Ich will eine solche Mittelzahl mit b bezeichnen. Es wurde nun der Quotient $\frac{a^2}{b^2}$ berechnet, wo a den zugehörigen Abstand der betreffenden grauen Scheibe von der Lichtquelle bedeutet. Jener Quotient misst also die Helligkeit der grauen Scheibe, ausgedrückt in der Helligkeit des weissen Cartons als Maasseinheit. Obwohl die Einzelbestimmungen jeder Gruppe meist bedeutend von einander abweichen, stimmen doch die aus den Mitteln verschiedener Gruppen berechneten Werthe der Helligkeit einer Scheibe gut zusammen. Um dem Leser eine Vorstellung davon zu geben, will ich die für Scheibe IV. berechneten Helligkeitswerthe im Einzelnen mittheilen. Es waren damit 8 Gruppen von je 10 Versuchen angestellt worden. Die Mittel der Entfernung des Lichtes von der weissen Fläche sind in der zweiten Spalte verzeichnet, in Centimetern ausgedrückt. Die erste Spalte giebt die zugehörigen Entfernungen der Scheibe vom Licht. Die dritte Spalte giebt die berechnete Helligkeit. Der Buchstabe in der vierten Spalte bezeichnet den Beobachter.

a	b	$\frac{a^3}{b^3}$	Beob.
40	134	0,088	F
40	135	0,082	P
60	208	0,083	F
60	205	0,086	P
80	267	0,089	F
80	272	0,086	P
50	171	0,085	F
50	169	0,087	P

Die folgende kleine Tabelle giebt die Helligkeit (*H*) der fünf Scheiben in der Helligkeit der weissen Cartonfläche als Masseinheit ausgedrückt, und es bezeichnet jetzt *H* das Mittel aus allen an der betreffenden Scheibe gemachten Bestimmungen.

Scheibe.	H.
I.	0,664
II.	0,305
III.	0,123
IV.	0,086
V.	0,030

Diese fünf Scheiben waren nun zu vergleichen mit gedrehten Scheiben, auf denen weiss und schwarz abwechselte. Natürlich konnte ich als schwarz keine sogenannte schwarze Fläche verwenden, welche einen Theil der gedrehten Scheibe bildete. Denn man wird nicht wohl eine Fläche herstellen können, welche unter gleichen Bedingungen vom auffallenden Lichte eine Menge zurückwirft, welche gegen die von Scheibe IV. und V. zurückgeworfene Menge verschwindend klein ist, da diese beiden Scheiben eben selbst schon tief schwarz waren, insbesondere V. wohl das tiefste Schwarz zeigte, das sich hervorbringen lässt.

Um ein Schwarz zu erzielen, das wo nicht absolut, doch wenigstens selbst gegen Scheibe V. wirklich so schwarz ist, dass sie im Vergleich damit grau erscheint, bediente ich mich folgenden einfachen Kunstgriffes. Ein prismatischer Kasten,

etwa 60 Cm. lang und ungefähr 20 Cm. hoch und breit, wurde inwendig sorgfältig geschwärzt. In der Mitte der einen quadratischen Wand war ein quadratisches Loch von etwa 10 Cm. Seite, und über ihm erhob sich noch ein kurzes röhrenartiges Ansatzstück, das ebenfalls geschwärzt war. Man begreift, dass die aus der Oeffnung dieses Kastens herausstrahlende Lichtmenge ohne merklichen Fehler wirklich gleich Null gesetzt werden kann, wenigstens allemal dann, wenn nicht bedeutende Lichtmengen gerade von vorn in den Kasten fielen.

Vor diesem Kasten als Hintergrund wurde nun der Drehapparat aufgestellt. Auf seiner Axe steckte erstens eine der Scheiben, deren Helligkeit photometrisch bestimmt war, und zweitens ein Sector, aus dem weissen Carton geschnitten, dessen Helligkeit zur Maasseinheit gedient hatte. Der weisse Sector ragte über die graue Scheibe hervor und bildete also bei der Drehung, vor dem absolut schwarzen Hintergrunde gesehen, einen grauen Ring, dessen Helligkeit mit der Helligkeit der von ihm umgebenen grauen Scheibe verglichen werden konnte. Indem man so nach einander Sectoren von verschiedenen Centriwinkeln verglich, konnte man denjenigen finden, welcher, mit Schwarz zum Kreise ergänzt, ein der Scheibe vollkommen gleiches Grau lieferte. Damit das Urtheil des Beobachters vollkommen unbefangen sei, sah er die Scheibe gar nicht unbewegt. Das Urtheil wurde notirt, dann der Centriwinkel der Sectoren gemessen. In dieser Weise wurden für jede der fünf Scheiben mehrere Versuchsreihen gemacht. Der Centriwinkel einer Reihe, für welche das Urtheil unsicher oder ungleich war, wurde der Berechnung eines Mittelwerthes zu Grunde gelegt.

So erhalten wir folgende 5 Gleichungen:

Scheibe	I.	234,5 (239)
„	II.	103,0 (109,8)
„	III.	39,5 (44,3)
„	IV.	26,6 (30,9)
„	V.	11,6 (10,8)

In Klammern habe ich die Zahl von Graden hinzugefügt, welche der Centriwinkel eines weissen Sectors betragen müsste,

um — die Richtigkeit des Gesetzes vorausgesetzt — mit Schwarz zum vollen Kreise ergänzt eine der photometrisch bestimmten gleiche Helligkeit zu geben.

Ich will nun auch noch die oben photometrisch gefundenen Werthe der Helligkeit vergleichen mit den Werthen, welche sich aus den Versuchen auf der Drehscheibe ergeben, unter Voraussetzung der Helligkeit des Gesetzes.

		Helligkeit photometrisch	Helligkeit nach Versuch auf der Drehscheibe
Scheibe	I.	0,664	0,650
„	II.	0,305	0,286
„	III.	0,123	0,109
„	IV.	0,086	0,074
„	V.	0,030	0,032

Ich muss der Beschreibung der Versuche noch hinzufügen, dass die Scheiben II. u. III., weil sie ein wenig bläulich waren, mit einem anderen (ebenfalls bläulichen) Papier verglichen werden mussten als I. IV. und V. Selbstverständlich wurden dann aber auch auf der Drehscheibe II. und III. mit Sectoren aus demselben Papier verglichen. Es war mit anderen Worten für II. und III. die Maasseinheit der Helligkeit eine andere als für I. IV. und V., was übrigens am Wesen der Sache um so weniger ändern kann, als die absoluten Werthe der beiden Maasseinheiten sehr wenig von einander verschieden waren.

Ein Blick auf die vorstehenden beiden kleinen Tabellen lehrt, dass das Gesetz über die Helligkeit der rotirenden Sectorenscheibe nicht allgemein streng richtig ist. Man sieht insbesondere, dass, wo es sich um Helligkeiten wie die von Scheibe II. III. und IV. handelt, das intermittirende Licht viel stärker auf die Retina wirkt, als das fragliche Gesetz aussagt. In der That sind die Abweichungen der aus langen Beobachtungen genommenen Mittelzahlen so gross, dass sie nicht durch zufällige Beobachtungsfehler erklärt werden können. Was Scheibe I. betrifft, so ist meiner Meinung nach der Unterschied nicht ausser Zweifel, da die beiden Reihen von Bestimmungen bedeutend in einander greifen; d. h. unter den

Sectorenwerthen, welche der Scheibe gleich beurtheilt wurden, kommen solche vor, welche den photometrisch bestimmten Helligkeitswerthen entsprechen.

Nach den für Scheibe V. erhaltenen Mittelwerthen scheint es, dass sich im untersten Theile der Helligkeitsscala das Verhältniss umkehrt, so dass hier die andauernde Beleuchtung über die nach dem Gesetze ihr entsprechende intermittirende überwöge. Ich hätte gern diesen merkwürdigen Umstand schärfer bewiesen, als es durch die vorliegenden Versuche geschehen ist, aber es liegen zu viele Schwierigkeiten in der Natur der Sache, da es sich um Bestimmung gar zu kleiner Grössen handelt. Bei genauerer Betrachtung meiner Versuche wird sich übrigens doch schon ein sehr hoher Grad von Wahrscheinlichkeit herausstellen. Die höchste photometrische Bestimmung der Scheibe V. erreicht den Betrag von 0,031. Doch kommt dieser Werth nur dreimal unter 17 Versuchen vor. Nach dem Gesetze würde dieser Helligkeit ein weisser Sector von 11,16° Centriwinkel entsprechen. Bei den Bestimmungen auf der Drehscheibe war nun 11° der Centriwinkel des kleinsten Sectors, der jemals der Scheibe V. gleich gehalten wurde. In den Originalaufzeichnungen steht bei diesen Fällen meistens angemerkt, Scheibe eher heller. Ein kleinerer Sector wurde nie der Scheibe V. gleich gehalten. Freilich hatte der nächst kleinere meiner Sectoren schon einen Centriwinkel von nur 9,5°. Es ist aber eben auch kaum möglich, noch kleinere Winkeldifferenzen bei derartigen Versuchen mit Sicherheit zu berücksichtigen. Mein nächst grösserer Sector hatte 12,5° Centriwinkel. Seine Helligkeit wurde meistens der Scheibe V. gleich geschätzt.

Mit voller Sicherheit ist — um noch einmal das Endergebniss zusammenzufassen — durch meine Versuche Folgendes erwiesen. In dem Theile der Helligkeitsscala zwischen den Grenzen 0,086 und 0,305 ist intermittirende Beleuchtung bedeutend im Uebergewicht über dauernde Beleuchtung von dem Grade, welcher dem Gesetze nach der intermittirenden entsprechen sollte. Für Helligkeiten, welche die Grenze 0,305 beträchtlich überschreiten, scheint das Uebergewicht der intermittiren-

den Beleuchtung geringer zu werden, so dass es vielleicht schon bei einer Helligkeit von 0,66 der Null nahezu gleich ist. Ebenso nimmt es ab, wenn die Helligkeit geringer als 0,080 wird, es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass für ganz geringe Helligkeiten, z. B. für die Helligkeit 0,030 dauernde Beleuchtung stärker wirkt, als die entsprechende intermittirende.

Dass das Ergebniss bezüglich der geringsten Helligkeitsgrade gerade in diesem Sinne ausgefallen ist, beseitigt übrigens einen Einwand, der gegen den anderen Theil desselben allenfalls hätte erhoben werden können. Man hätte nämlich so schliessen können: Der schwarze Theil des rotirenden Kreises ist, trotz meiner Vorsichtsmaassregeln, nicht absolut schwarz gewesen, sondern es kam einerseits aus dem Kasten doch noch eine gewisse Menge Lichtes und andererseits ist an den Orten des Schwarz das Eigenlicht der Netzhaut wirksam. Wir hätten also eine Lichtmenge = 0 gesetzt, die in Wahrheit nicht = 0 ist und sich zum Lichte des weissen Sectors addirt. Das Ueberwiegen der intermittirenden Beleuchtung könnte dann möglicherweise nur scheinbar sein. Wäre aber diese Vermuthung richtig, so müsste offenbar das scheinbare Ueberwiegen der intermittirenden Beleuchtung um so stärker hervortreten, je kleiner der gedrehte weisse Sector wäre, denn um so mehr Einfluss gewännen die vernachlässigten Lichtmengen. Da dies nun eben nicht der Fall ist, so kann das aus dem schwarzen Kasten zurückstrahlende Licht nebst dem Eigenlicht der Retina keinen merklichen Einfluss auf meine Versuche gehabt haben, oder wenn diese Lichtmengen Einfluss hatten, so wäre die Abweichung vom Gesetze über die Helligkeit der gedrehten Scheiben bei den geringsten Helligkeitsgraden noch grösser, als sie in meinen Versuchen erscheint. Auf die numerischen Werthe der gefundenen Abweichungen lege ich kein sehr grosses Gewicht und wage kein Gesetz darüber aufzustellen. Am wichtigsten scheint mir der Nachweis, dass man in der ganzen Intensitätsscala das Gesetz über die Helligkeit der gedrehten Scheibe und folglich die daraus entwickelte Beziehung zwischen der Function des Anklingens und der Function des Abklingens als erste Annäherung betrachten kann, woran sich nun

die Betrachtung der kleinen Abweichungen, die ich gefunden habe, anknüpfen lässt. Ohne, wie gesagt, zu beanspruchen, dass sich aus den vorliegenden Versuchen die Gesetzlichkeit der numerischen Werthe im Einzelnen vollständig herstellen liesse, will ich doch ihren Verlauf im Ganzen, wie er mir am wahrscheinlichsten ist, durch Fig. 2. symbolisch darstellen. Wir denken uns die Peripherie eines Kreises zur geraden Abscissenaxe aufgewickelt von 0 bis 360°. Stellt man auf den Endpunct ein der Einheit gleiches Perpendikel und zieht man nach seinem Ende vom Nullpunct eine Gerade, so stellt deren Ordinate die scheinbare Helligkeit einer gedrehten Scheibe dar, auf der ausser absolutem Schwarz ein weisser Sector sich befindet, dessen Centriwinkel durch die Abscisse gemessen wird, unter Voraussetzung der Richtigkeit des in Rede stehenden Gesetzes. So sind z. B. die resp. Ordinaten für die Abscissenwerthe 11,6, 26,6, 39,5, 103,0, 234,5 der Reihe nach 0,032, 0,074, 0,109, 0,286, 0,650. Wir haben uns nun überzeugt, dass die Curve, welche die scheinbare Helligkeit der gedrehten Scheibe als Function vom Centriwinkel ihres weissen Sectors in Wahrheit darstellt, nicht überall mit der geraden Linie zusammenfällt. Wir haben insbesondere nachgewiesen, dass sie für die Abscissenwerthe 26,6, 39,5, 103,0 höhere Ordinaten hat. Für den Abscissenwerth 11,6 scheint sie eine niedrigere Ordinate zu besitzen. Für den Abscissenwerth 234,5 ist ihre Ordinate verhältnissmässig nur noch sehr wenig höher als die der geraden Linie, vielleicht sogar schon genau gleich. In dieser Gegend scheint also die Curve die Gerade zu schneiden. Da endlich die Curve für die Abscissenwerthe 0 und 360 unbedingt dieselben Ordinaten (0 und 1) wie die Gerade haben muss, so ist ihre Gestalt wahrscheinlich der in der Fig. 2. punctirt gezeichneten krummen Linie ähnlich.

Wäre die Gleichung der hypothetisch so eben entworfenen Curve bekannt, so könnte man an die Stelle der oben entwickelten Gleichung eine andere setzen, welche dann die wahre Beziehung zwischen den Functionen $\varphi(x)$ und $\chi(x)$ darstellte. Hierzu sind natürlich längst nicht ausreichende Data vorhanden. Indessen können wir uns doch mit Hülfe von zunächst

willkürlichen Annahmen einigermaassen eine Anschauung von der wahrscheinlichen Beschaffenheit der fraglichen Functionen machen. Wir können dabei nur von der Function $f(t)$ ausgehen, denn von der Function $F(t)$, d. h. von der Art des Anklingens der Erregung haben wir gar keine Vorstellung. Die Art des Abklingens der Erregung dagegen ist uns in ihren allgemeinsten Zügen durch Selbstbeobachtung unmittelbar bekannt. Haben wir nämlich ein helles Object eine Zeit lang betrachtet und nehmen nun den Reiz plötzlich etwa durch Schliessen der Augenlider weg, so dauert die Erregung noch einige Zeit und giebt zu dem sogenannten positiven Nachbild Anlass. Die Helligkeiten desselben, abhängig gedacht von der Zeit seines Bestehens, sind offenbar die Werthe der Function $f(t)$; freilich können sie nur durch subjective Schätzung gemessen werden. Soviel ist indessen gewiss, dass die Helligkeit des Nachbildes anfangs rasch und später immer langsamer abnimmt. Insbesondere scheint mir unzweifelhaft, dass im Augenblicke, wo der Reiz aufhört, die Erregungsstärke mit mindestens endlich grosser Geschwindigkeit abnimmt, so dass hier eine Unterbrechung der Stetigkeit in der Curve sein muss, welche die Erregungsstärke als Function der Zeit darstellt und welche bis zu diesem Puncte eine der Abscissenaxe parallele Gerade war. In der That, wäre hier nicht eine Unterbrechung der Stetigkeit, so wäre das Aufhören des Reizes für unser Bewusstsein nicht ein scharf bestimmter Augenblick, und ein solcher ist es doch. Ich mache nun noch näher die allerdings nicht streng beweisbare Annahme, dass die Erregung im Augenblicke, wo der Reiz aufhört, mit unendlicher Geschwindigkeit sinkt, d. h. ich lasse die Curve, welche die Function $f(t)$ darstellt, an dem betreffenden Puncte senkrecht gegen die Abscissenaxe abfallen. Zweitens ist unzweifelhaft, dass sich die Curve $f(t)$ in ihrem späteren Verlaufe asymptotisch der Abscissenaxe anschliesst, denn man kann keinen bestimmten Augenblick angeben, in welchem das Nachbild erlischt. Man wird daher zu der Annahme berechtigt sein, dass die Curve $f(t)$ überall gegen die Abscissenaxe convex ist. Ich habe nun nach Gutdünken eine solche Linie gezogen, um $f(t)$

darzustellen.. Siehe *abc* Fig. 3. Mittelst der Gleichung (2) habe ich dann für 8 verschiedene Ordinatenwerthe, deren grösster = 0,7 war, die Richtung der Tangente der $F(t)$ darstellenden Curve verzeichnet und diese selbst construirt. Man sieht das Ergebniss dieser Construction in der Linie *def* Fig. 4. Diese Linie weicht offenbar von einer geraden kaum merklich ab, bis zum Ordinatenwerth 0,75. Weiter habe ich sie nicht verlängert, weil die graphische Bestimmung der Tangentenrichtung an *abc* für grössere Ordinatenwerthe zu unsicher ist.

Wir hätten also jetzt das bemerkenswerthe Resultat: Insoweit die willkürlich gezogene Curve *abc* als eine Darstellung der Function $f(t)$ angesehen werden und insoweit das Gesetz über die scheinbare Helligkeit rotirender Scheiben als gültig betrachtet werden darf, ist die schräge Gerade *def* die Darstellung der Function $F(t)$. Von rein mathematischem Gesichtspuncte aus bliebe auch kein Zweifel über die Lage dieser Linie, denn sie müsste offenbar die Abscissenaxe in dem Puncte schneiden, welcher dem Augenblicke der beginnenden Reizung entspricht, da ja für diesen Punct selbstverständlich der Ordinatenwerth = Null ist.

Das Anklingen der Erregung geschähe demnach der Art, dass die Erregung der vom Beginne des Reizes an verlaufenen Zeit proportional wüchse, bis sie den Werth 1 erreicht hätte, welchen Werth sie dann bei fernerer Dauer des constanten Reizes beibehielte. In die Sprache der Analyse übersetzt, hätten wir jetzt $F(t) = x = c \cdot t$ gefunden, und daraus lässt sich umgekehrt $f(t)$ durch Gleichung (2) ableiten, das Resultat stellt sich freilich nicht so dar, dass man x als Function von t schreiben kann. Es ergiebt sich vielmehr $t = \frac{1}{c}[x - 1 - log\ x]$, eine Gleichung, welche sich nicht nach x lösen lässt. Uebrigens hat die weitere Behandlung dieser Ausdrücke kein Interesse, da bei der beschränkten Genauigkeit der ursprünglichen Data die graphische Darstellung vollkommen ausreicht.

Wir wollen jetzt annehmen, die Curve *abc* wäre wirklich die vollkommen getreue Darstellung der Function $f(t)$, und

dann an der Function $F(t)$ allein solche Modificationen anbringen, dass sich auch die in meinen Versuchen gefundenen Abweichungen von dem Gesetze über die Helligkeit rotirender Scheiben erklären. Ich ziehe zunächst die Gerade gh parallel zur gefundenen def, so dass die Ordinate des Punctes h der Einheit gleich ist, und schliesse hieran die der Abscissenaxe parallele Gerade hi, welche in infinitum verlängert zu denken ist. Die gebrochene Linie ghi stellte also in erster Annäherung die Erregung als Function der Zeit dar, wenn ein Reiz, welcher die Einheit der Erregung hervorbringen kann, im Augenblicke g anfängt zu wirken. Nun ist erstens aus ganz allgemeinen Gründen anzunehmen, dass die Ecke bei h nicht vollkommen scharf sein kann, denn es kann kaum gedacht werden, dass die Erregung ihren Grenzwerth mit einer Unterbrechung der Stetigkeit erreicht. Eine Abrundung des Knickes schliesst den Satz ein, dass für Scheiben mit sehr kleinem schwarzen Sector die Helligkeit kleiner sein muss als das Gesetz verlangt, welche Abweichung ich gar nicht nachzuweisen versucht habe, weil ich überzeugt bin, dass der Versuch wegen der Schwierigkeiten der Ausführung nur zweideutige Ergebnisse liefern würde.

Wir haben nun gesehen, dass für die mittleren Helligkeitsstufen das intermittirende, für die niedrigsten Helligkeitsstufen das dauernde Licht im Uebergewicht ist. Wir müssen demnach annehmen, dass die wahre Curve $F(t)$ für mittlere Ordinatenwerthe steiler, für die kleinsten Ordinatenwerthe weniger steil ansteige als die Linie gh. Diese Curve muss also zwischen den Ordinatenwerthen 0,030 und 0,08 einen Wendepunct haben, wo sie der Linie gh parallel ist. Wir können uns demnach den wahrscheinlichen Gang der Function $F(t)$ annähernd vorstellen durch die an gh sich anschliessende punctirte Linie, die von g anfängt und sich zuletzt der Linie hi anschliesst. Sie schneidet die Gerade gh in zwei Puncten (welche kein besonderes Interesse haben) und ist ihr in zwei Puncten parallel. Diese letzteren beiden Puncte repräsentiren durch ihre Ordinaten zwei Helligkeitsgrade, für welche das Gesetz über die Helligkeit rotirender Scheiben streng gültig ist.

Vom rein mathematischen Standpunct aus wäre jetzt unser Problem gelöst, soweit es mit unserem Versuchsmaterial zu lösen ist. Vom physiologischen Gesichtspuncte ist mir dagegen wahrscheinlich, dass die von g ausgehende punctirte Curve noch nicht die Function $F(t)$ genau darstellt. Ich vermuthe vielmehr, dass der Anfangstheil der Curve anders beschaffen ist, und zwar so, wie ich es in der Figur durch die von k ausgehende punctirte Curve angedeutet habe, d. h. die Curve würde zwar von Anfang an steiler als die Gerade gk aufsteigen, aber nicht vom Puncte g ausgehen, sondern von einem Puncte, der einen etwas späteren Zeitaugenblick darstellt. Sollte nicht in der That durch diese Annahme ebenfalls das geringe Ueberwiegen des dauernden Lichtes über intermittirendes für die kleinsten Helligkeitswerthe zu erklären sein? Man könnte sich die Sache etwa so vorstellen, dass von der Zeit der Reizwirkung allemal ein Theil gleichsam verloren ginge, bis die Erregung zu Stande käme, und dass daher der weisse Sector der gedrehten Scheibe um so viel grösser sein müsste. Allerdings ist hiergegen einzuwenden, dass gerade nach unseren Voraussetzungen beim intermittirenden Lichte allemal von der vorhergegangenen Reizung noch ein Rest vorhanden sein müsse und dass diesen die neue Reizung nur vergrössert, so dass das Vorbereitungsstadium wegfällt. Wir müssten daher annehmen, dass für ganz kleine Werthe der Erregung eben hier andere Verhältnisse einträten und dass gerade darum das Ueberwiegen der dauernden Beleuchtung über die intermittirende nur im Bereiche der allerkleinsten Helligkeiten Geltung hätte, wo eben der Rest von der vorhergehenden Reizung von Null kaum verschieden wäre. Ich verhehle mir ferner nicht, dass die so eben gemachte Annahme mit einiger Wahrscheinlichkeit die Folgerung nachzieht, es möchte nicht nur die Grösse des weissen Sectors, sondern auch die Umdrehungsgeschwindigkeit von Einfluss sein auf die scheinbare Hellgkeit der gedrehten Scheibe, wenigstens bei Sectoren von äusserster Kleinheit. Es ist mir nun freilich einmal so vorgekommen, als ob ein Sector von 2° Centriwinkel bei sehr schneller Drehung vor absolut schwarzem Grunde einen weniger merklichen Schimmer gäbe als bei etwas

langsamerer Drehung, indessen will ich so zweifelhafte Beobachtungen nicht als Stützen meiner Vermuthung hinstellen. Ich muss darauf verzichten, meine Annahme streng zu beweisen, dass die Function $F(t)$ den durch die Linie kh angedeuteten Gang nimmt. Die dafür aufgeführten Gründe wenden sich eigentlich mehr an eine Art von individuellem Tactgefühl, als an eine strenge mechanische Zergliederung des Vorganges.

Wenn nun wirklich meine Annahme über den Gang der Function $F(t)$ richtig ist, dann stellt sich eine merkwürdige Analogie heraus zwischen der Erregung der Retina durch Licht und der elektrischen Erregung der motorischen Nerven. Bekanntlich entsteht, wenn ein elektrischer Strom in einen Nerven einbricht, der Erregungsvorgang nicht sofort, sondern es verstreicht zuerst ein Vorbereitungsstadium, während dessen der Strom natürlich auf den Nerven einwirkt und Veränderungen an ihm hervorbringt, aber eben noch nicht den Erregungszustand. Dieser Satz war schon wahrscheinlich nach Versuchen von mir, über die ich vor mehreren Jahren einen vorläufigen Bericht veröffentlicht, die ich aber erst neuerdings in meinen Beiträgen (Braunschweig 1863) ausführlich beschrieben habe. In diesen Versuchen zeigte sich, dass ein sehr kurz dauernder Strom den Nerven nicht so stark reizt als ein etwas länger dauernder; und dass, wenn die Stromdauer unter eine gewisse Grenze herabsinkt, gar keine Erregung eintritt. Bezold hat dann (Untersuchungen über elektrische Erregung. Leipzig 1861) das Vorhandensein jenes Vorbereitungsstadiums von ganz anderer Seite her erwiesen und seine Dauer unter verschiedenen Bedingungen gemessen. Gerade so würde es sich nun mit dem Lichtreiz verhalten, wenn meine vermuthungsweise versuchte Deutung meiner Versuche die richtige wäre. Augenfällig ist die vollständige Analogie der Curve Ki in Fig. 4. mit der S. 35 meiner Beiträge gezeichneten Curve, welche die Erregungsstärke abhängig von der Dauer eines den Nerven durchfliessenden elektrischen Stromes darstellt.

Es liegt jetzt nahe, unsere Folgerungen in Betreff der Function $F(t)$ ganz direct zu prüfen durch Versuche, welche jenen ganz analog sind, die ich über Reizung der motorischen

Nerven mit kurz dauernden elektrischen Strömen angestellt habe. Der Plan solcher Versuche wäre dieser: Man lässt auf die Netzhaut einen Lichtreiz von bekannter Stärke während einer genau bestimmbaren sehr kurzen Zeit einwirken, und ermittelt, bis zu welchem Grade der Erregung er dadurch kommt. Diese letztere Aufgabe hat nun ihre besonderen grossen, jedoch nicht unüberwindlichen Schwierigkeiten. Man hat nämlich hier keinen objectiven Maassstab der Erregungsstärke, wie wir ihn in jenen Versuchen in der Muskelzuckung hatten. Dagegen haben wir einen subjectiven Maassstab in der scheinbaren Helligkeit. Die Anlegung desselben kann aber nicht wohl anders geschehen, als unter Beihülfe der Erinnerung. Man hätte das Auge mit dem starken kurz dauernden Reize zu erregen und ihm dann Flächen von verschiedener photometrisch bestimmter Helligkeit, jede für längere Zeit (einige Secunden), darzubieten. Der Beobachter hätte nun zu beurtheilen, welche von diesen Flächen denselben Eindruck machte, wie die momentan gesehene. Die Dauer dieses Momentes wäre jetzt ein Werth von t und die photometrische Helligkeit der gleich geachteten Fläche ein zugehöriger Werth der Function $F(t)$. Durch Variation der Dauer der momentanen Reizung unter fortwährender Beibehaltung derselben Reizstärke könnte man beliebig viele zusammengehörige Werthe von t und $F(t)$ und mithin den Gang dieser Function bestimmen. Es ist hier nur die eine Hypothese gemacht, dass wirklich bei momentaner Reizung gerade der Erregungsgrad im Gedächtnisse maassgebend bleibt, bis zu welchem es am Schlusse der Reizung gekommen war. Ich glaube übrigens, dass diese Hypothese nicht auf Widerspruch stossen wird.

Obgleich somit ein neuer Weg zur Bestimmung der Function $F(t)$ principiell vollständig vorgezeichnet ist, so bin ich doch darauf einstweilen noch nicht viel vorgeschritten. Ich gestehe, dass mich vorläufig die kolossale Mühe abgeschreckt hat, welche jedesfalls aufgewandt werden müsste, um auch nur die allerdürftigsten numerischen Anhaltspuncte zu gewinnen. In der That, bei der grossen Unsicherheit der subjectiven Schätzung, zumal aus der Erinnerung, müsste die Zahl

der Bestimmungen ins Ungeheuere gesteigert werden, um einigermaassen die Zufälligkeiten zu eliminiren.

Einige Versuche in der angegebenen Richtung habe ich indessen dennoch angestellt, um wenigstens das Factum festzustellen, dass ein Lichtreiz eine bemerkbare Zeit braucht, seine volle Wirksamkeit zu entfalten. Durch einige fehlgeschlagene Vorversuche überzeugte ich mich, dass die sorgfältigste Abhaltung alles fremden Lichtes eine Grundbedingung des Gelingens ist. Ich traf schliesslich folgende Anordnung. Als Hintergrund diente der oben beschriebene schwarze Kasten. Vor demselben wurde eine innen geschwärzte Röhre mit zwei Diaphragmen aufgestellt. Der Hintergrund war so vollkommen lichtlos, dass man, durch die Röhre danach schauend, das Loch im Diaphragma gar nicht wahrnahm. Zwischen der Röhrenöffnung und dem schwarzen Hintergrunde konnten nun verschiedene weisse, graue und (sogenannte) schwarze Flächen vorübergeführt werden, mittelst einer starken Stahlfeder, deren Schwingungsebene senkrecht zur Röhrenaxe lag. Es war durch eine Sperrvorrichtung dafür gesorgt, dass die Feder, nachdem sie die Gleichgewichtslage einmal passirt hatte, nicht wieder zurückkam. Verschiedene Anfangsspannungen der Feder gaben verschiedene Geschwindigkeiten in der Gleichgewichtslage und mithin verschieden lange Zeiten des Aufenthaltes der grauen Fläche vor dem Rohre, d. h. vor dem Auge des Beobachters. Während jetzt dieser durch das Rohr hindurchsah, wurde eine ihm unbekannte Scheibe auf die Feder gesteckt. Der Gehülfe liess sie momentan vorüberfahren. Unmittelbar hierauf hielt der Gehülfe verschiedene andere graue oder schwarze Scheiben vor das Rohr und der Beobachter hatte zu beurtheilen, welche derselben der momentan gesehenen an Helligkeit gleich sei.

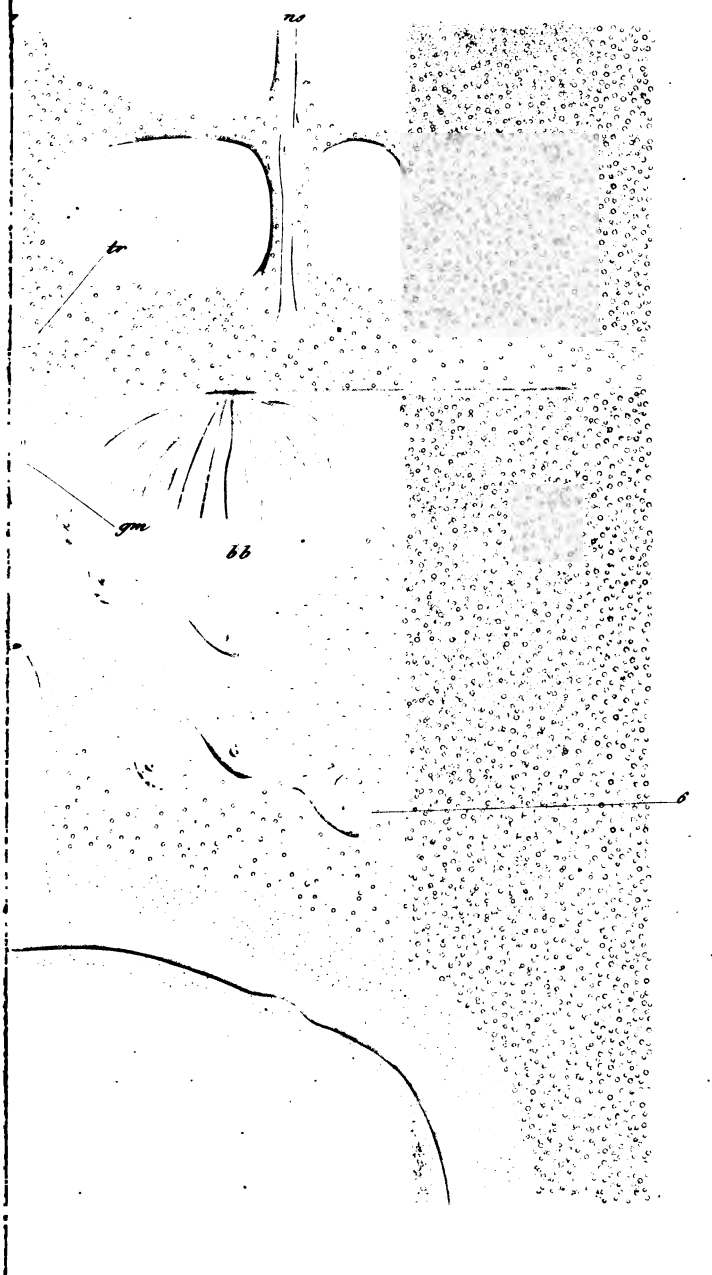
Als Resultat dieser Versuche mag eine Thatsache genügen, welche von verschiedenen Beobachtern in vielfacher Wiederholung gesehen ist, und die an der Richtigkeit dessen, was bewiesen werden soll, im Allgemeinen keinen Zweifel lässt. Die momentan gesehene Scheibe hatte die Helligkeit gewöhnlichen weissen Papiers, die dauernd angeschaute Scheibe, die ihr an

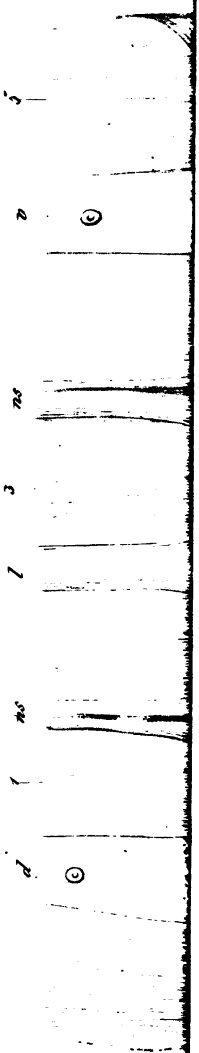
Helligkeit gleich und oft überlegen geachtet wurde, war eine mit schwarzer Oelfarbe vollständig geschwärzte. Dies ergab sich allemal, sowie die Geschwindigkeit der Feder einigermaassen gross genommen wurde.

Wenn die Zeit des Vorüberganges der hellen Scheibe kleiner ist als das hypothetische Stadium der latenten Reizung, so darf sie gar keinen wahrnehmbaren Eindruck machen. Mit voller Sicherheit habe ich dies in meinen Versuchen keinmal gesehen. Ich zweifle übrigens kaum daran, dass man es mit vollkommneren Apparaten dahin bringen könnte. Höchst wahrscheinlich wird übrigens die Dauer des Stadiums der latenten Reizung wesentlich abhängen von der Stärke des Reizes, wie dies ja auch bei der elektrischen Reizung der Fall ist. Dass es bei sehr grosser Reizstärke jedesfalls zu unberechenbar kurzer Dauer herabsinkt, dafür spricht schon die Sichtbarkeit des elektrischen Funkens, dessen Dauer eben doch fast unmessbar kurz ist. Beiläufig mag übrigens bei dieser Gelegenheit noch darauf aufmerksam gemacht werden, wie enorm die Lichtmenge sein muss, welche ein elektrischer Funke ausstrahlt, wie könnte er sonst Angesichts der vorstehend beschriebenen Beobachtungen, trotz seiner kurzen Dauer, den Eindruck so grosser Helligkeit machen.

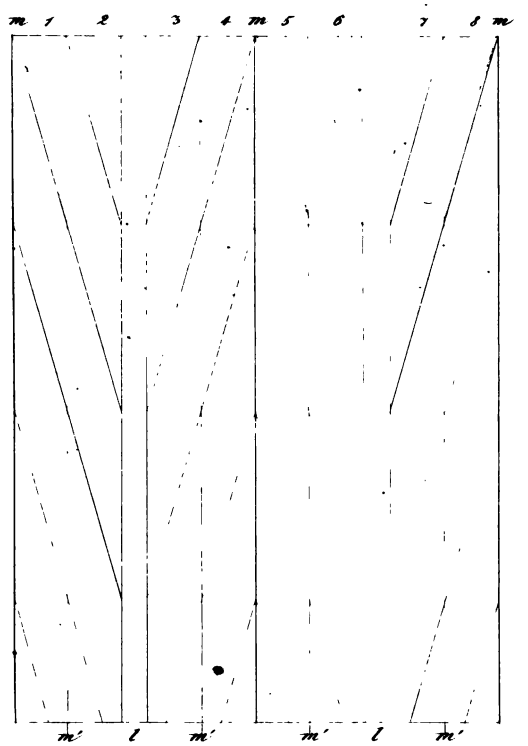
Zum Schlusse bemerke ich noch, dass ich auch mit farbigen Flächen einige Versuche der letztbeschriebenen Art angestellt habe. Es kommen dabei Täuschungen über die Qualität der Farbe vor, welche genauer untersucht zu werden verdienen. Die am häufigsten vorkommenden Täuschungen in meinen Versuchen waren die, dass eine momentan gesehene rothe Scheibe für gelblich bis gelb gehalten wurde, eine gelbe für weiss, eine blaue für grünlich bis grün. Ich enthalte mich aller theoretischen Bemerkungen hier gänzlich, weil das vorliegende Beobachtungsmaterial viel zu spärlich ist, man könnte sonst leicht schon in das wenige Angedeutete Zusammenhang bringen durch die Young'sche Theorie der Farbenempfindung.

Berlin, Druck von Gebr. Unger, Königl. Hofbuchdrucker.

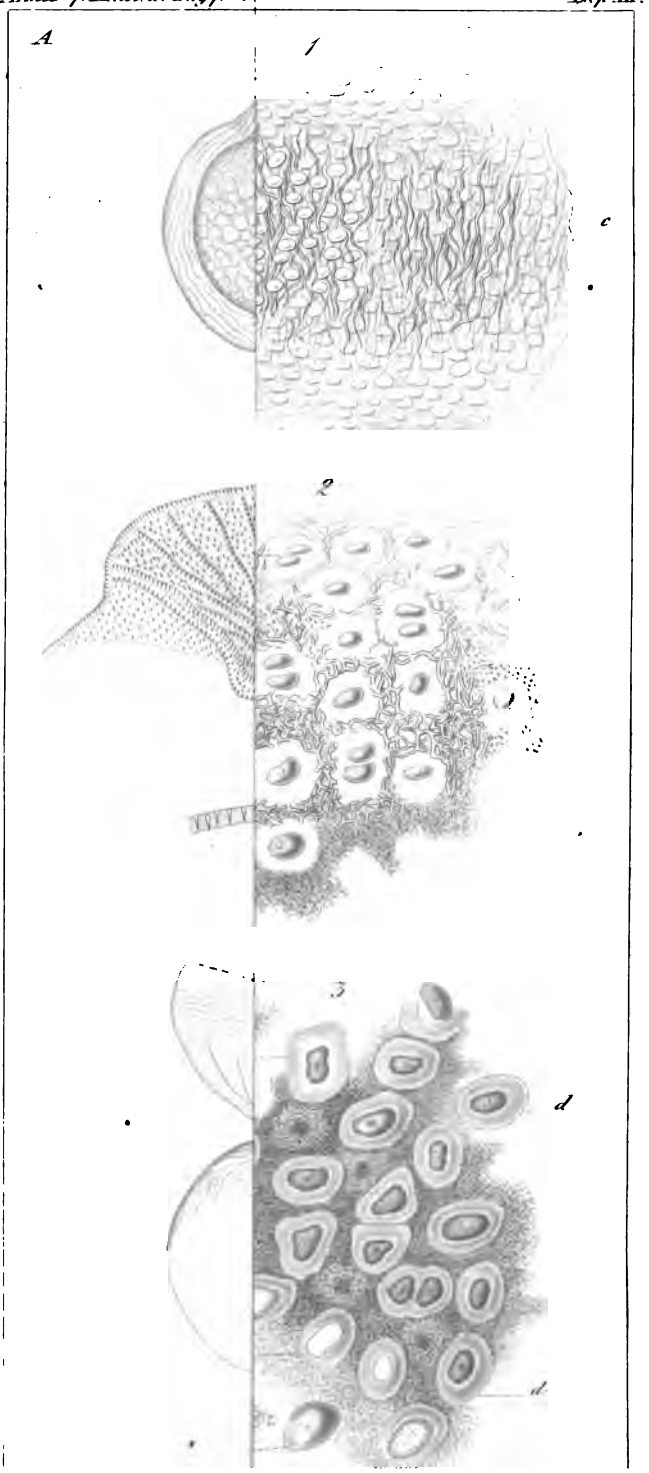

no
tr
gm
bb
b



5



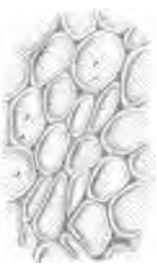
Schnäder del. Wagenschieber sc.


A
1
c
2
3
d
d

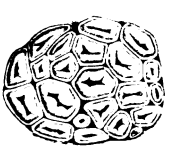
10

a

6



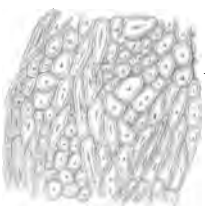
11



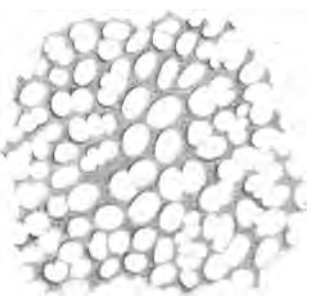
Wagner del.

Wagnerschieber sc.

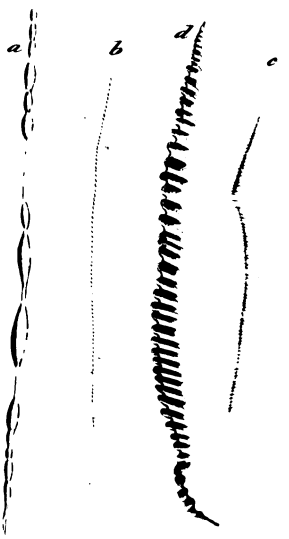
15



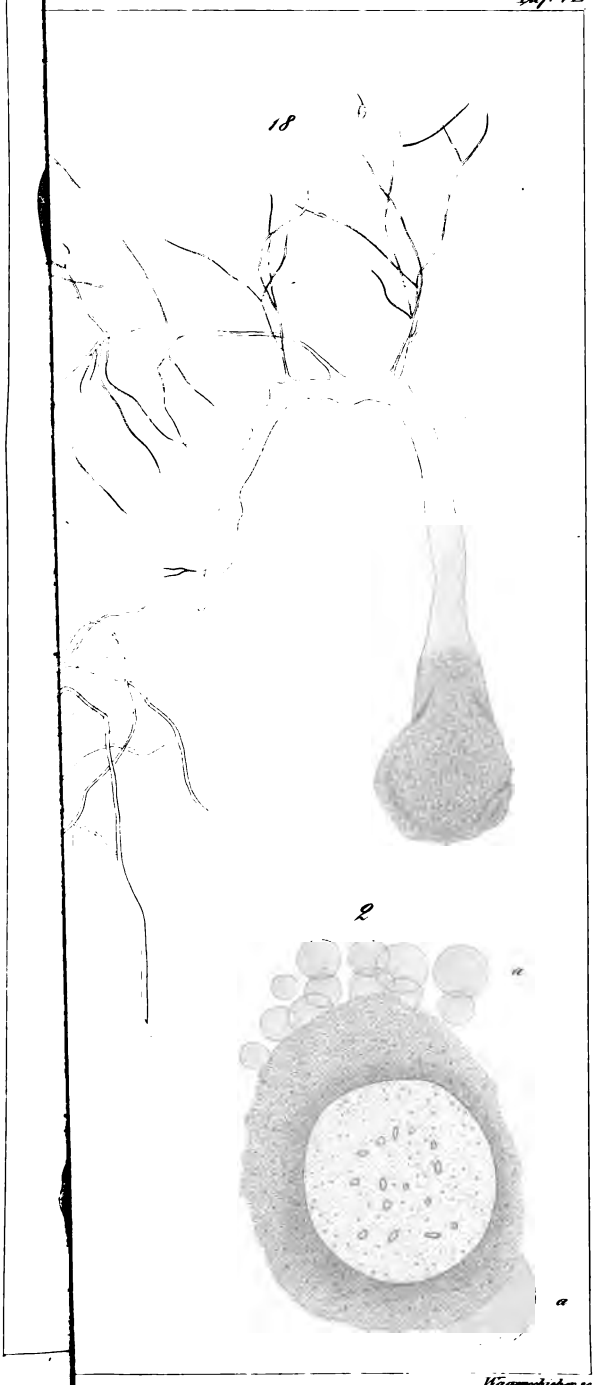
22



25

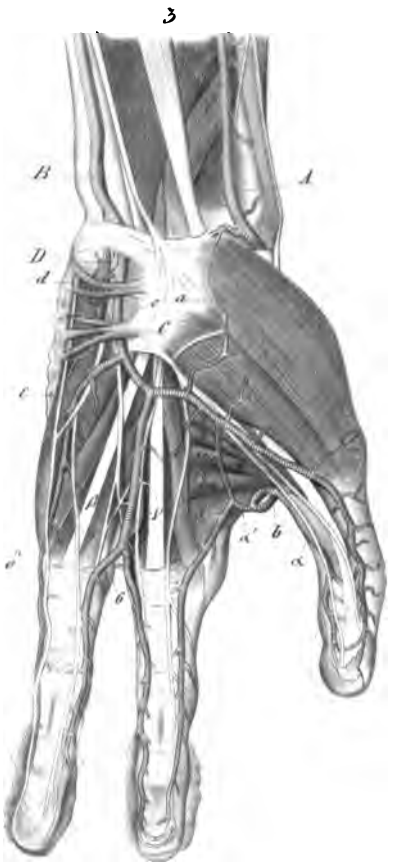


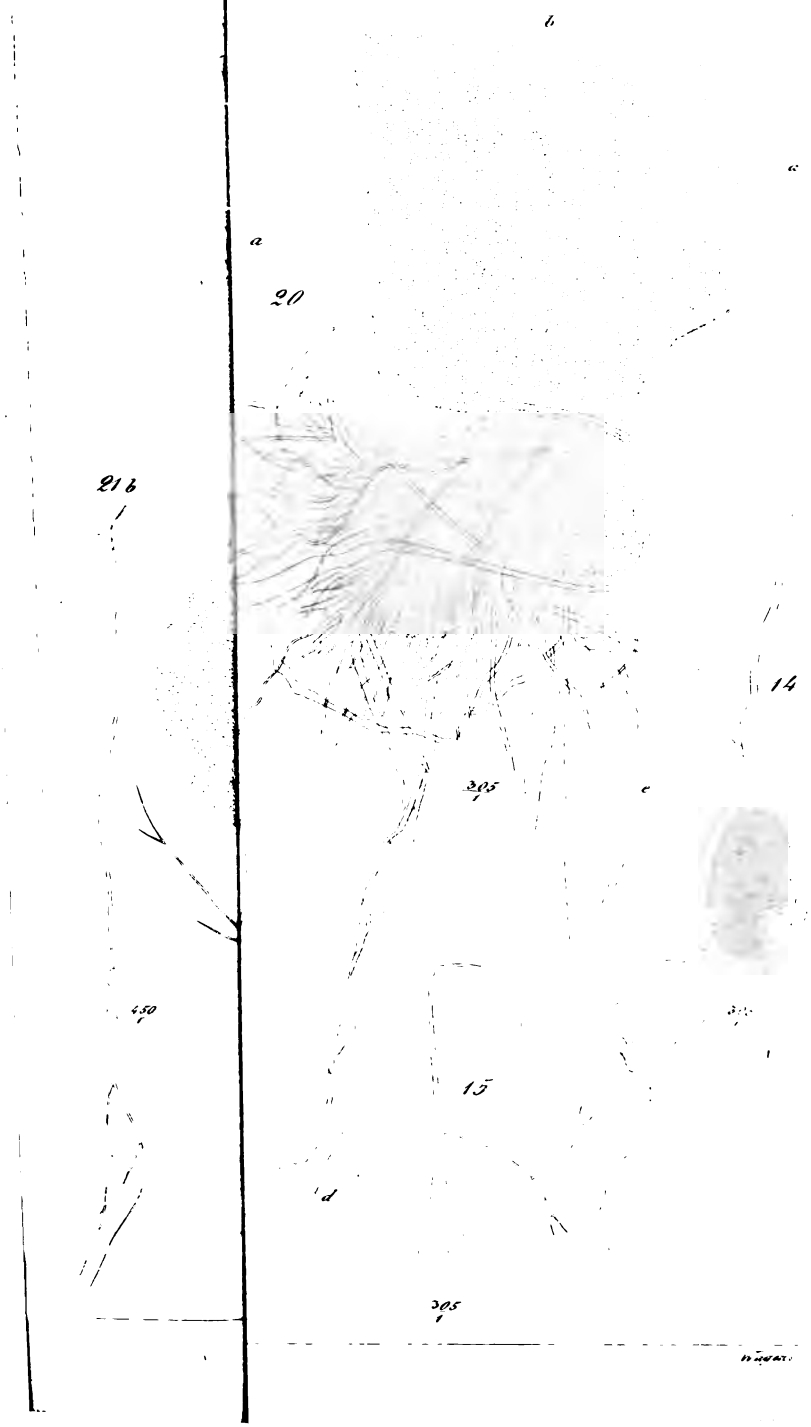
Taf. VI.

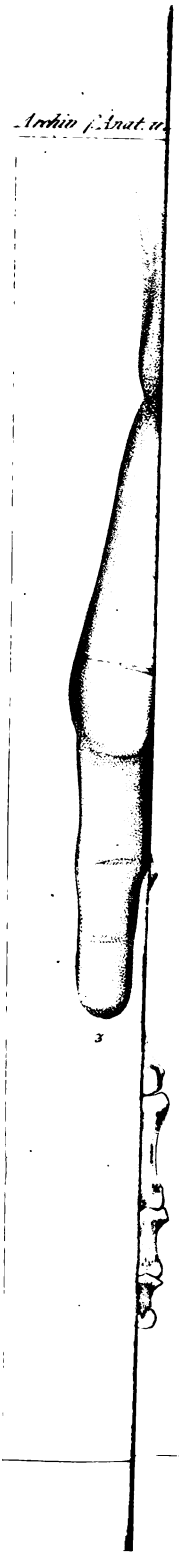


Wagenschieber sc.

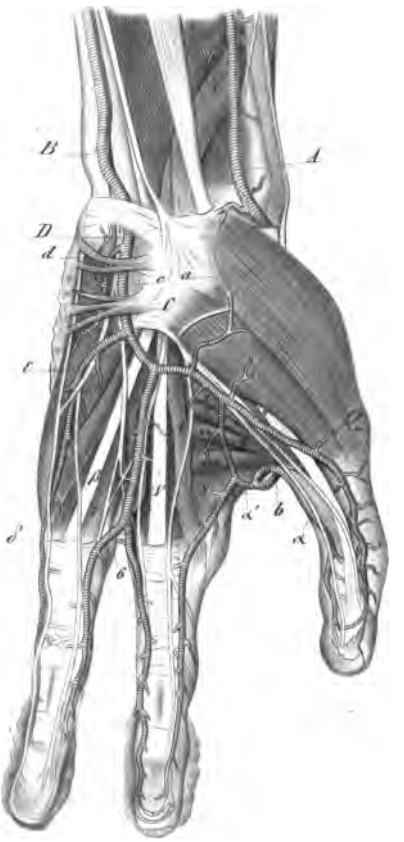
3




b
a
a
20
21 b
14
305
c
450
15
d
305



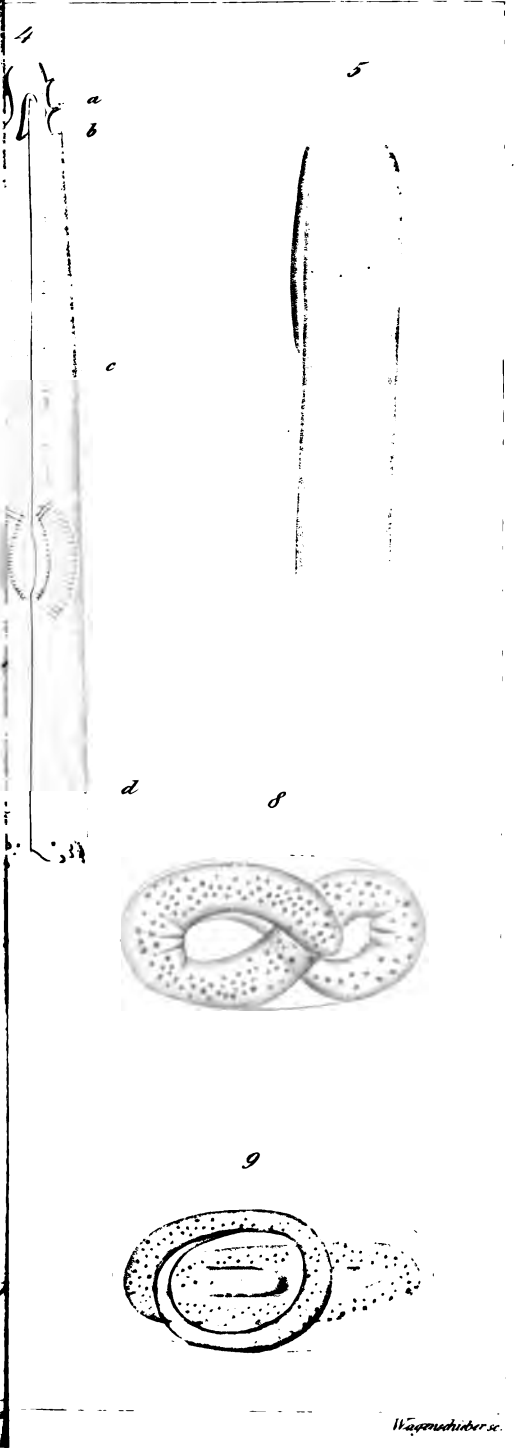
3



3.

Wagenschieber sc.

Wagenschieber sc.


4
a
b
c
d
5
8
9

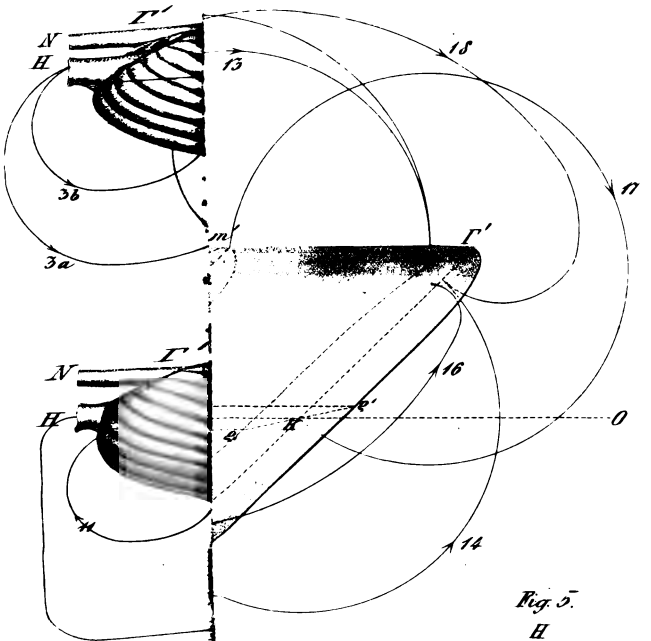


Fig. 13.

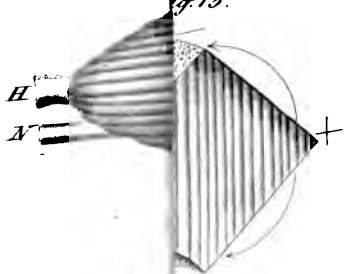


Fig. 8.

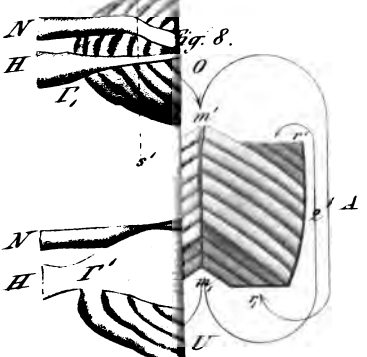
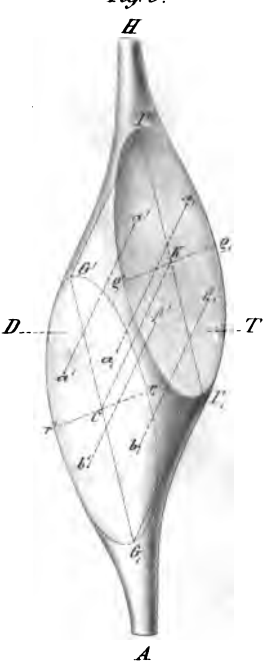
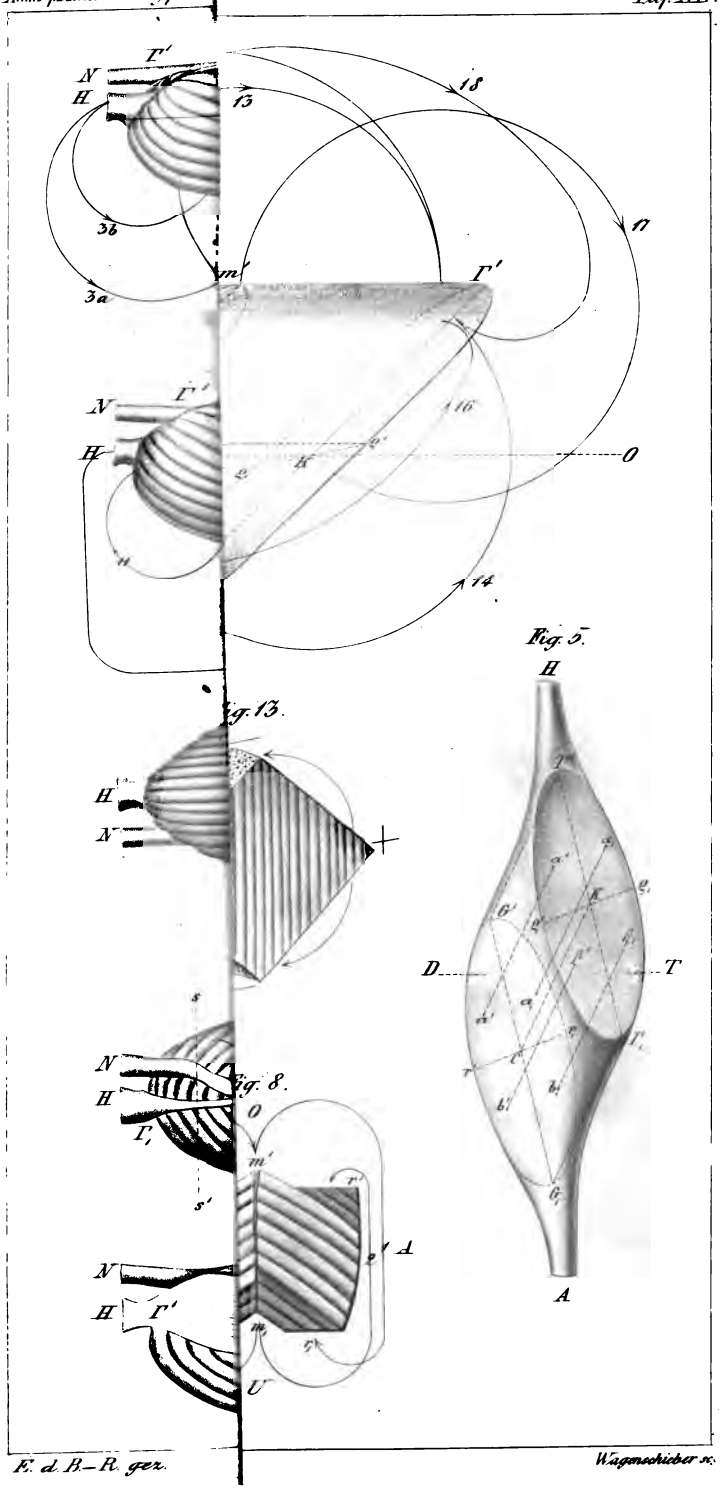


Fig. 5.





E. d. B.-R. gez. Wagenschieber sc.

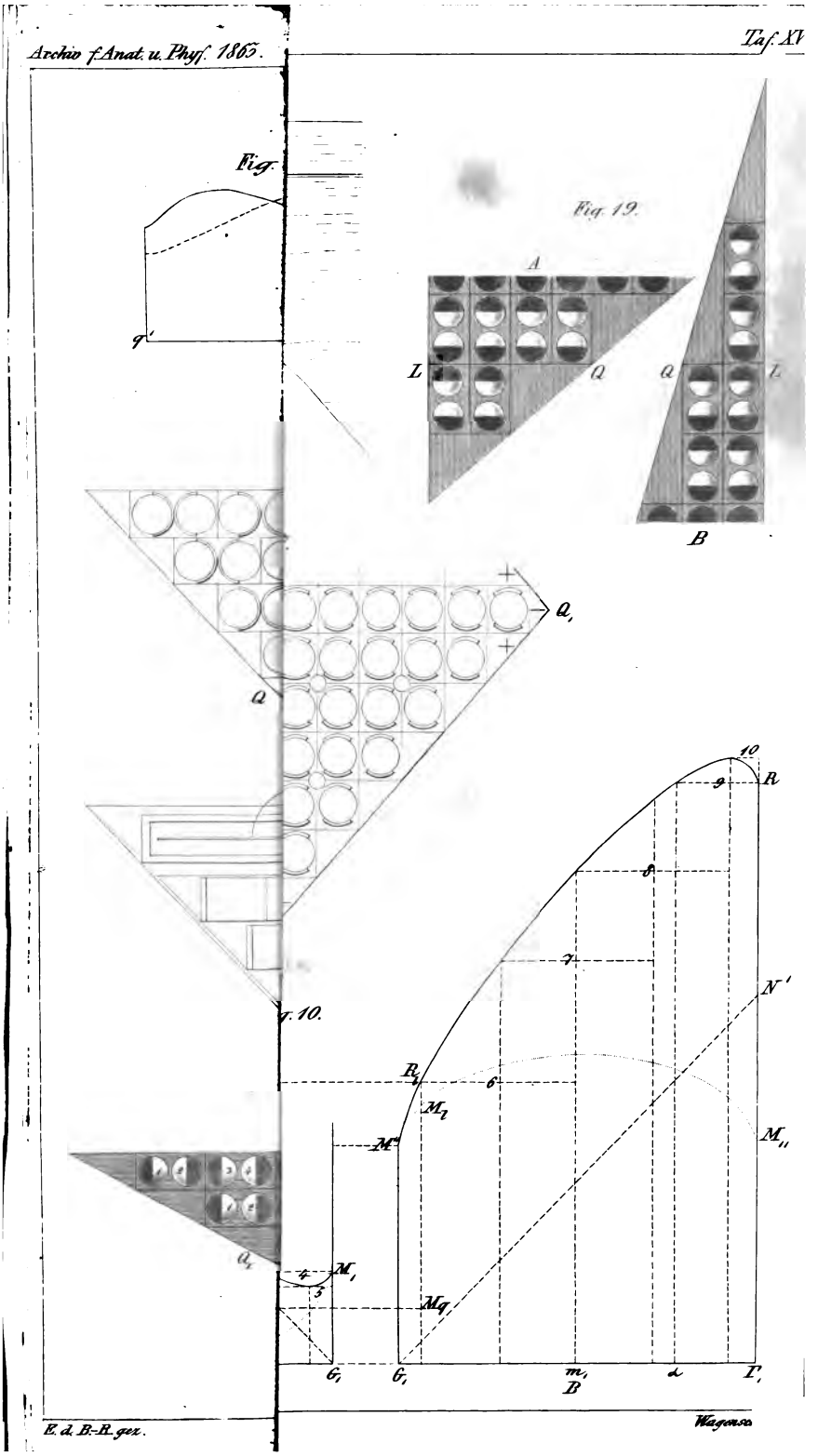
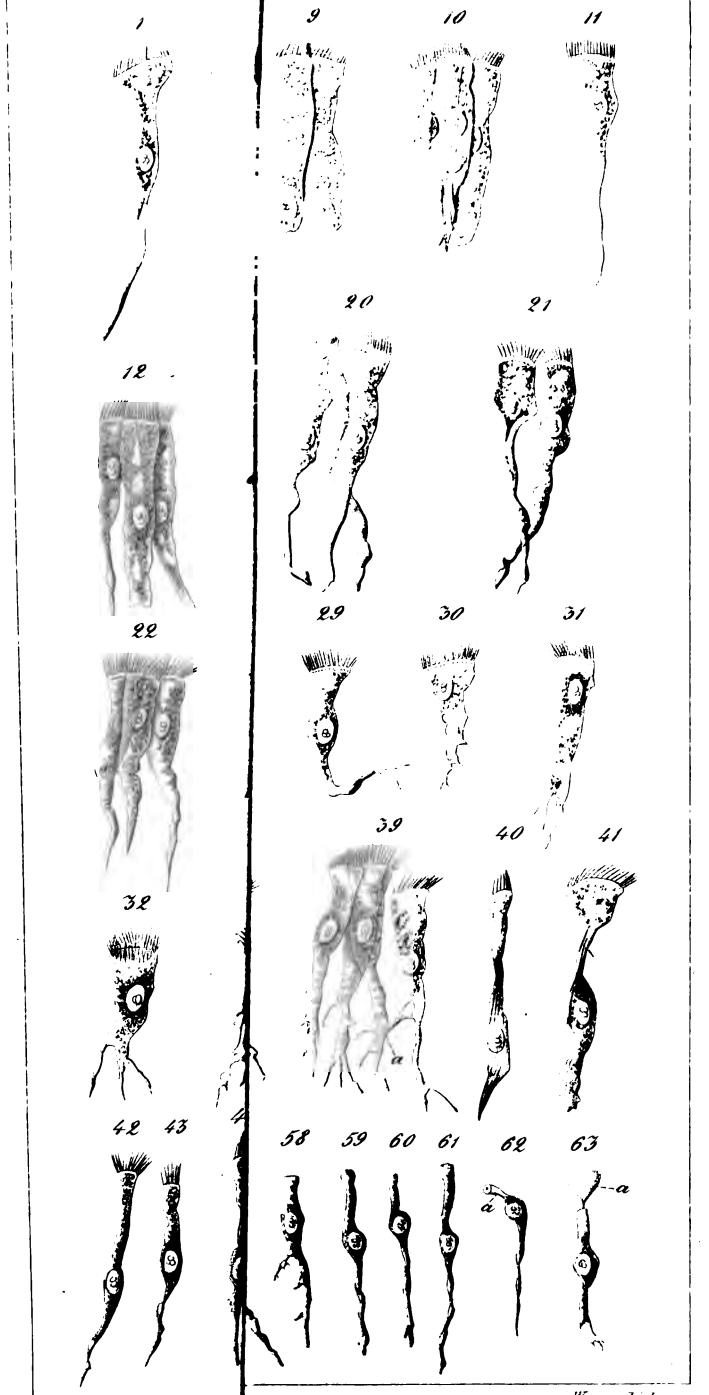


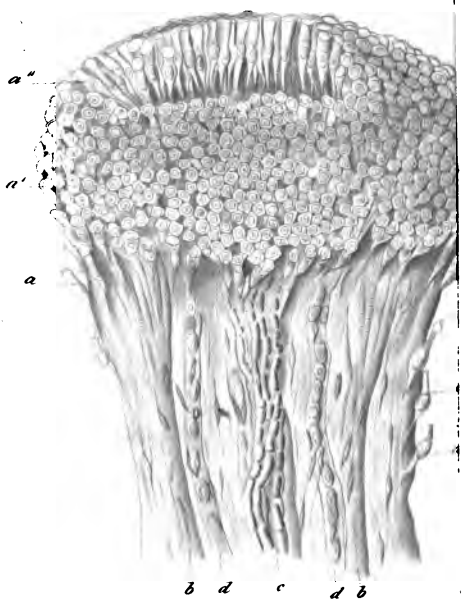
Fig. 19.
A
L
Q
Q
L
B
Q,
Q
10
9
R
8
7
N'
R,
6
M,
M'
M,,
Q,
4
3
M,
Mq
G,
G,
m,
B
d
I',
E. d. B.-R. gez.
Wagenso



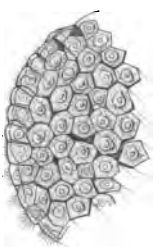
Wagenschieber sc.

A.

64

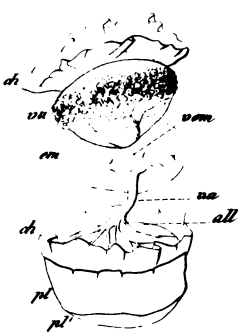


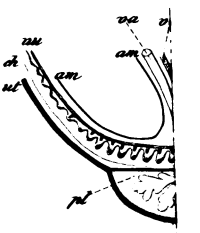
66



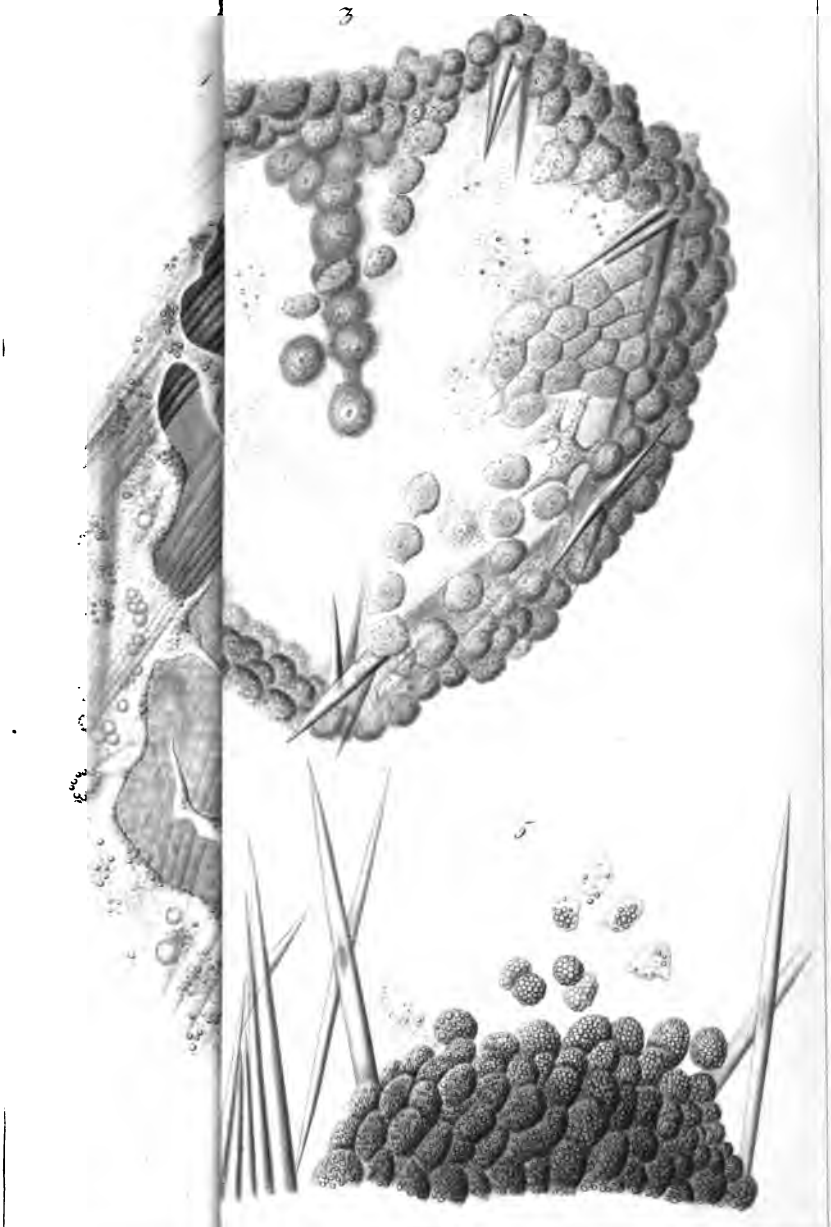
B.

4



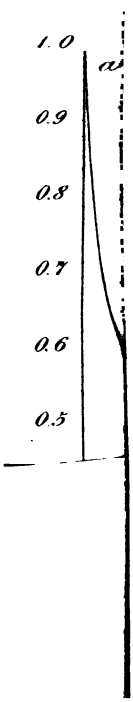


3



Wagener del.

Wagenschieber sc.


1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5

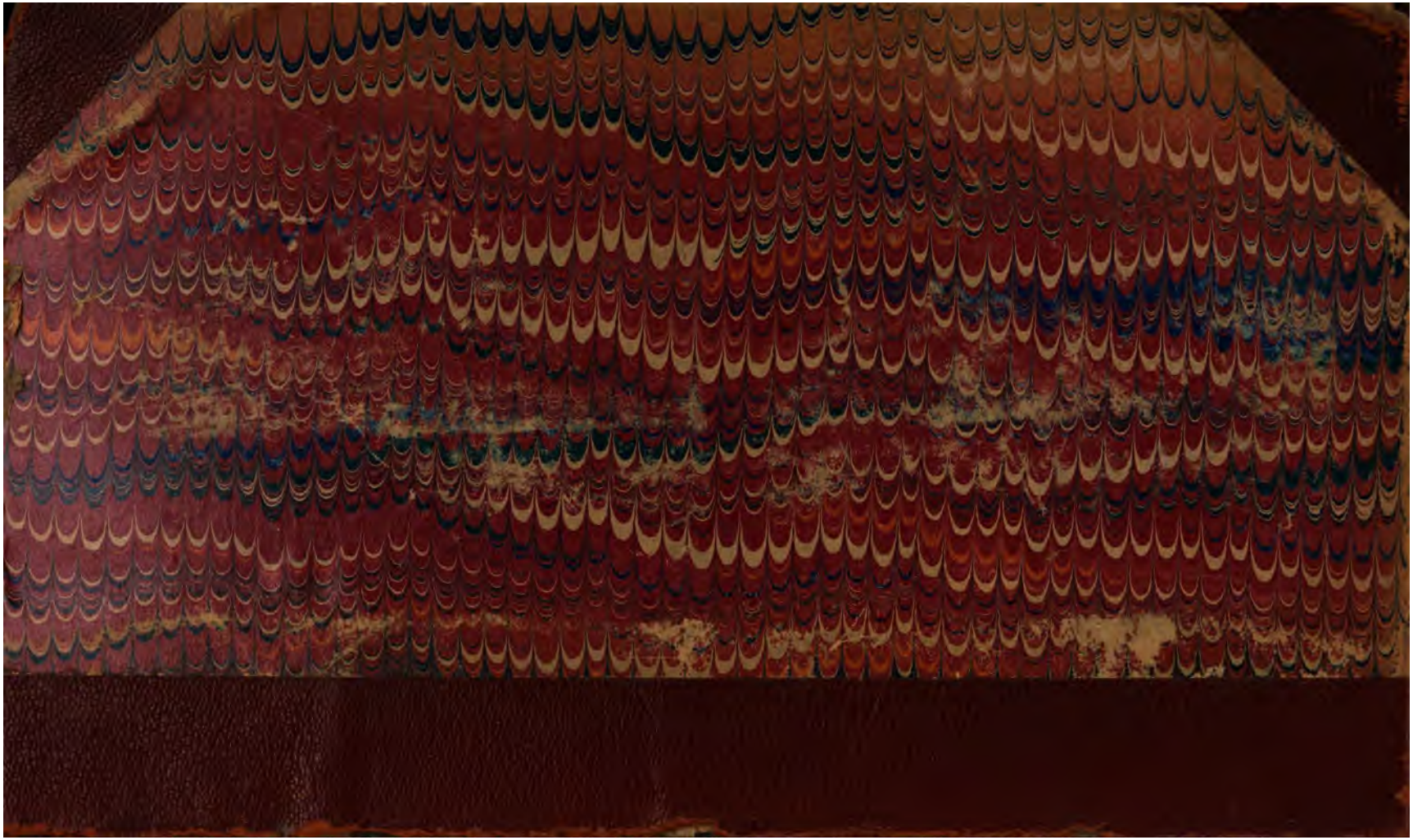
im Muskel.

II. (S. 561—562.)

El in	Querschnitt					
	ak-ht.	schräg.	senk-recht.	schräg.	senk-recht.	schräg.
R.	40	− 90	− 186	− 119	− 114	− 42
	06	+ 136	+ 147	+ 134	+ 117	+ 59
Sa	39	− 246	− 270	− 175	− 190	
	93	+ 250	+ 317	+ 298	+ 301	
Ad	49	− 108	− 179	− 158		
	84	+ 278	+ 408	+ 225		
	02	− 223	− 351	− 228		

lekt Krä n Co ensa grade	V. B.	Mittel.	Verhältniss der Mittel.
t. int	− 132	− 153,7	− 1,000
	+ 216	+ 202,8	+ 1,319
Sartor	− 302	− 303,0	− 1,030
	+ 257	+ 294,2	+ 1,000
Add.	− 382	− 376,5	− 1,007
	+ 375	+ 374,0	+ 1,000
Semim	− 441	− 410,4	− 1,123
	+ 371	+ 365,3	+ 1,000
	un-zerst. / zerst.	un-zerst. / zerst.	un-zerst. / zerst.
Triceps	− 122 / − 70	− 245,3 / − 97,4	− 1,000 / − 1,000
6	+ 167 / + 237	+ 257,9 / + 238,0	+ 1,051 / + 2,444
Gastro	− 167 / − 131	− 191,9 / − 33,9	− 1,000 / − 1,000
2	+ 346 / + 541	+ 331,5 / + 481,4	+ 1,727 / + 14,121

V.	A.	+ 42	− 216	− 12	− 5	− 21
	B.	− 5	− 304 + 270	− 3	− 3	− 44
Mittel		+ 23,4	− 271,8 + 263,4	− 22,8	− 16,4	− 28,4
		Semimembranosus.				
I.	A.		− 270 + 178	− 47	− 57	− 39
	B.	− 44	− 272 + 186	− 15	− 28	− 17
II.	A.		− 272 + 223	− 23	− 38	− 51
	B.	− 10	− 338 + 212	− 69	− 50	− 33
III.	A.	− 25	− 295 + 193	− 30	− 15	− 31
	B.	− 6	− 284 + 209	− 37	− 10	− 18
IV.	A.		− 264 + 205	− 30	− 19	− 33
	B.	− 37	− 268 + 197	− 38	− 9	− 20
V.	A.		− 261 + 183	− 45	− 49	− 26
	B.	− 19	− 293 + 224	− 33	− 28	− 33
Mittel		− 23,5	− 281,6 + 201,0	− 36,7	− 30,3	− 31,1

Tabelle VIII. (S. 691.)

Stromstärken in Scalenth.	Muskel durch zwei symmetr. Querschn. begrenzt, im Aequator durchschnitten nach		I. A. 6h	I. B. 6h	I. A. 16
R. int.	Ob. Abschn.	zwischen d. beiden Querschn.	− 4	− 3	− 3
	Unt. Abschn.		+ 13	− 2	+ 2
Sartor.	Ob. Abschn.	zwischen d. beiden Querschn.	+ 4	+ 15	− 6
	Unt. Abschn.		− 3	− 5	− 18
Add. m.	Ob. Abschn.	zwischen d. beiden Querschn.	+ 8	− 6	− 9
	Unt. Abschn.		+ 38	+ 67	+ 73
Semim.	Ob. Abschn.	zwischen d. beiden Querschn.	+ 14	− 4	− 9
	Unt. Abschn.		− 25	+ 5	+ 4